ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN VII JULIO 1948 NUMERO 27

El simbolismo en la ciencia

Publicamos en el presente número un artículo de D. I. Duveen sobre los símbolos usados por los alquimistas, tema que debe dirigir nuestra atención hacia otro más amplio: el papel que representan los símbolos y el simbolismo en la ciencia en general; y es éste un tema de considerable interés histórico y filosófico. Conviene recordar que el significado original de la palabra « símbolo » era el de credo o confesión de fe, y, en efecto, ése es el significado de muchos de los símbolos científicos de hoy. Cuando decimos, por ejemplo, que la fuerza gravitacional f entre dos masas m_1 y m_2 a una distancia a es igual a $k \times (m_1 . m_2)/a^2$, expresamos la creencia de la ciencia de que dos masas cualesquiera se comportarán siempre de idéntica manera. Del mismo modo, la curva básica de la hoja de castaño puede representarse como $r = \text{sen}\ (\theta/2)\ .\ \text{sen}\ n\theta$, aunque quizás la afirmación de creencia no va acompañada en este caso por una tan profunda convicción de su universalidad.

Bien se sabe que el uso de los símbolos científicos tiene gran antiguedad y que desde muy temprano adquirió cierta complejidad; así hallamos que en una tableta babilónica del siglo VII a.C., que trata de la preparación de un vidriado de plomo coloreado con cobre, aparece usado el ideograma sumerio de « águila ». Dicho signo tiene el valor semítico de *erú*, que significa cobre, y que es, sin duda, el sentido con que debía interpretarlo el lector ya iniciado. Aún más común que este uso ingenioso de símbolos era la derivación de los mismos partiendo de la natural existencia de las substancias; y así el azufre, por ejemplo, que se halla a veces flotando sobre los riachuelos de Mesopotamia, recibió el nombre asirio de *kibir nâri* (orilla del río) del que se deriva el *kibrīt* árabe todavía usado. Otros símbolos se derivaban de semejanzas de forma, color, y demás propiedades, como en el caso del círculo solar símbolo del oro, y la luna creciente de la plata. Otros símbolos nacían del empleo de contracciones, muchas de las cuales se convirtieron finalmente en meros signos convencionales. Por último hay numerosos símbolos científicos y semicientíficos de los primeros tiempos que tuvieron su origen en creencias y prácticas religiosas, filosóficas, mágicas, y folklóricas.

En dichas épocas primitivas el conocimiento científico se hallaba reservado a muy pocos y era, por lo mismo, de gran valor. Uno de los motivos del simbolismo provenía precisamente, como indica Duveen, del deseo de ocultar al profano ciertos conocimientos; y así, antes de poder interpretar ciertos escritos técnicos era preciso que el estudiante aprendiese todo un lenguaje simbólico, durante cuyo proceso sus tutores podían juzgar los méritos del neófito para el ejercicio de tal práctica o profesión.

Todavía presentaba el simbolismo otro aspecto, ya que, debido principalmente a la influencia gnóstica, se dió a palabras, letras y símbolos cierta fuerza mística, convirtiéndose así en algo más que meras representaciones y atribuyéndoseles funciones activamente operativas. Dicha creencia condujo a la costumbre muy extendida de llevar amuletos, talismanes y gemas grabadas, tales como las abrajas de Basilides (siglo II d.C.) en las que se hallaban inscritos todos los días del año como símbolo de las 365 órdenes de espíritus que emanan en sucesión del Ser supremo. Los talismanes gnósticos de tal especie, y otros muchos fueron usados por todo el mundo antiguo, aun en la Gran Bretaña donde se desenterró, en 1827, uno cerca del fuerte romano de Segontium, en el Norte de Gales.

El simbolismo halló nuevo campo de aplicación en la doctrina de las signaciones, según la cual las características externas de cada planta indicaban las enfermedades que, según natura, remediaba

la planta misma. « La Culpa y Satanás », escribía un naturalista del siglo XVII, « han arrojado a la Humanidad a un océano de enfermedades; pero la merced de Dios, que se muestra en todas Sus obras, hace que crezca las yerbas en las montañas para que sirvan al hombre; y no sólo ha estampado en ellas forma distinta sino también dádosles especiales signaciones, para que en ellas pueda el hombre leer en claros caracteres el uso a que se destinan.» El mismo John Ray, que se mostró algo escéptico respecto de tal doctrina, creía que « ciertas plantas nocivas y malignas nos descubren algo de su naturaleza en el triste y melancólico visaje de sus hojas, flores y frutos.»

Ya no creemos que las marcas sigiliarias en los rizomas de *Polygonatum multiflorum* indican que la planta es útil para curar « todo cardenal, marcas negras o verdes, ganadas en una caída o por la insistencia que tienen algunas mujeres en tropezarse con los ágiles puños de su marido.» Tales fábulas quedan hoy relegadas a la obscuridad que se merecen. Pero al hacerlo así se nos ocurre cierta sospecha que acaba por inquietarnos: ¿ no existe en nosotros también cierta inclinación a dar excesiva importancia a los signos y símbolos de la ciencia y a pensar que una vez hallada una fórmula hemos explicado un fenómeno ?

Sospecha es ésta que merece nuestra atención, aunque el simbolismo científico tiene por objeto principal, como es evidente, la transmisión de información y no su obscurecimiento, la precisión de la misma y no su vaguedad. Tomemos la fórmula química $CH_3.COOH$. Para un químico es todo un epítome del comportamiento químico del ácido acético, que le dice, entre otras cosas, que una molécula del mismo pesa 60 veces más que un $\frac{1}{16}$ del átomo de oxígeno; que el ácido es un producto de oxidación de un acetaldehido; que tiene un átomo de hidrógeno sustituíble por un metal; tres de hidrógeno sustituíbles por cloro; que posee sabor amargo, un punto de ebullición bajo, y puede mezclarse con agua. Idéntica especie de concentración de conocimientos factuales puede hallarse en todas las demás fórmulas químicas, lo cual constituye hoy un factor esencial en el avance de la química pura y aplicada. Pero debiéramos recordar, sin embargo, que una fórmula química, como la mayoría de las fórmulas usadas en la ciencia, sólo transmite datos seleccionados, y que una excesiva confianza en dicho simbolismo puede conducirnos a una esclerosis mental.

La tendencia a esta infundada confianza que muestran los investigadores inexperimentados es más marcada en los casos en que un fenómeno puede ser descrito por medio de una elegante expresión matemática, ya que, a pesar de las abundantes pruebas en contrario, todos inclinan a pensar que de dos explicaciones igualmente plausibles la más simple debe ser, por necesidad, la más correcta. Pero, en la ciencia al menos, las expresiones matemáticas tienen el mismo carácter básico que otros signos y símbolos; esto es, son descripciones concisas, sin mayor autoridad. Con el incremento de la observación y la extensión de los experimentos aumenta también la posibilidad de mayor exactitud en las descripciones: la mecánica de Newton queda subsumida en la de Einstein, y la historia de la ciencia no nos da motivo para suponer que haya dicho éste la última palabra. Las matemáticas ofrecen a la ciencia un simbolismo destilado, pero, con todo, un simbolismo; los hechos simbolizados y correlacionados son el producto de los laboratorios. Sin embargo, siendo la matemática la forma más precisa de descripción, hacia la espresión matemática es a lo que debe la ciencia tender. Según las palabras de Sir D'Arcy Wentworth Thompson: « No sólo deben determinarse los movimientos de los cuerpos celestes mediante la observación y elucidarse mediante la matemática, sino además todo aquello que pueda expresarse en números y definirse por leyes naturales. Esta es la doctrina de Platón y Pitágoras, y el mensaje de la sabiduría griega a la humanidad. Y así, los vivos y los muertos, lo animado y lo inanimado, los que habitamos este mundo y el mundo que habitamos—Πάντα γα μὰν τὰ γιγνωσκόμενα—todos nos hallamos sujetos a la ley física y matemática.»

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1

Estructura y propiedades químicas de las penicilinas

E. CHAIN

A pesar de las dificultades que se derivan de su inestabilidad y de la reducida cantidad de material de que se disponía en un principio, la penicilina (un descubrimiento británico) es el compuesto orgánico estudiado con mayor intensidad por los investigadores químicos, habiéndose iniciado nuevas direcciones de estudio en la química de los compuestos heterocíclicos. El artículo siguiente se basa en los informes químicos, casi en número de 700, preparados por los investigadores anglo-americanos desde el comienzo de la guerra pasada.

ESTUDIO HISTORICO

En el primer trabajo publicado sobre la penicilina, Fleming [1] ya indicó su inestabilidad, observada asimismo por Clutterbuck, Lovell, y Raistrick [2], quienes realizaron las investigaciones químicas iniciales de dicha substancia.

Clutterbuck, Lovell, y Raistrick habían mostrado que la penicilina era un ácido de bajo peso molecular que podía extraerse del medio de cultivo acidificado, por un éter, pero cuya actividad antibactérica se perdía al evaporarse el solvente. Los investigadores de Oxford [3, 4] probaron que dicha actividad podía transferirse sin pérdida de la solución etérea a una solución acuosa mediante la adición de una cantidad precisa de álcali para neutralizar la solución. La solución acuosa que contenía la sal penicilínica podía evaporarse en el vacío, partiendo de un estado de congelación, hasta dejar un residuo seco, sin que en dicho proceso se perdiese la actividad antibactérica. Las preparaciones en seco así obtenidas eran polvos higroscópicos pardos que conservaban su poder antibactérico durante un largo período, si se mantenían secos; poseían además un notable poder protectivo contra las infecciones de *Streptococci*, *Staphylococci*, y *Vibrio septique* inoculadas en ratones, que de otro modo hubieran sido fatales. Se comprobó también más tarde con otras preparaciones más puras que la penicilina tenía enorme efecto contra las infecciones más importantes y peligrosas en el hombre [4].[1]

Tras el reconocimiento del extraordinario valor clínico de la penicilina como agente químico-terapéutico contra las enfermedades infecciosas se hizo cuestión de gran importancia y urgencia la elucidación de su estructura química.

Hacia finales de 1942 el Dr. Wilson Baker (hoy catedrático de Química orgánica en la Universidad de Bristol) y Sir Robert Robinson se incorporaron a los estudios químicos que sobre la penicilina estaban realizando los doctores Chain y Abraham; dicho equipo de investigadores llevó a cabo todos los trabajos de degradación realizados en Oxford. El Dr. J. J. Cornforth, y más tarde otros muchos investigadores del Laboratorio Dyson Perrins de Oxford se unieron a los anteriores para los estudios de sintetización. El Dr. E. R. Holiday, del Hospital de Londres, trabajando en el Departamento de Bioquímica de Oxford colaboró en las mediciones de absorción ultravioleta, y los doctores H. W. Thompson y R. E. Richards en las investigaciones de los espectros infra-rojos.

La mayor dificultad para los estudios de la degradación penicilínica en Oxford estribaba en la escasez de material, ya que la mayor parte de dichos trabajos se realizaba a base de las preparaciones hechas en la pequeña planta de producción de la Escuela de Patología « Sir William Dunn ». La cantidad total de penicilina de que disponían los investigadores de Oxford, una vez totalmente purificada, era sólo de unos centenares de milígramos. En tales circunstancias tuvo valor excepcional la colaboración de las investigadoras Dorothy Hodgkin y B. Rogers-Low del Departamento de Cristalografía de Oxford, y del Dr. C. W. Bunn y otros del Laboratorio de Imperial Chemical Industries, ya que por medio de estudios radio-cristalográficos de los productos de degradación penicilínica se pudieron obtener datos físico-químicos que hicieron posible su identificación, a pesar de tratarse de cantidades infinitesimales. Los estudios radiográficos de cristales

[1] Para el estudio de las primeras investigaciones sobre la penicilina *Vid.* también [6].

simples de sales sódicas, rubídicas y potásicas de penicilina han tenido parte muy importante en la final elucidación de la estructura de la molécula penicilínica, haciendo posible una conclusión decisiva entre fórmulas alternativas.

Otros grupos de investigadores químicos ingleses, tanto académicos como industriales, comenzaron a interesarse en los estudios de la penicilina. Un grupo del *Imperial College of Science* de Londres bajo la dirección del Dr. A. H. Cook y del Profesor Sir Ian Heilbron, y otros grupos de las casas Glaxo Laboratories, Burroughs Wellcome Ltd., e Imperial Chemical (Pharmaceuticals) Ltd. iniciaron también sus investigaciones. Más tarde también participaron los siguientes grupos: Departamento de Química de la Universidad de Manchester; Departamentos de Química y Ciencia coloidal de la Universidad de Cambridge; Instituto Nacional de Investigaciones Médicas, en Hampstead; British Drug Houses Ltd.; Boots Pure Drug Company Ltd.; May and Baker Ltd.; e Imperial Chemical Industries (Alkali Division) Ltd.

Al mismo tiempo los químicos norteamericanos iniciaron la investigación de la estructura penicilínica, trabajo que se llevó a cabo en gran escala. Participaron en él los siguientes laboratorios académicos, oficiales, e industriales: Cornell University Medical College, Departamento de Bioquímica e Instituto « Russell Sage »; Agencia de Seguridad Federal: Departamento de Alimentos y Drogas; Departamento de Química de la Universidad de Harvard; Departamento de Química de la Universidad de Illinois; Departamentos de Física y de Química de la Universidad de Michigan; Oficina Nacional de Patrones; Laboratorio de Investigaciones del Norte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; Instituto Rockefeller de Investigaciones Médicas de Princeton; Laboratorios « Abbott »; Laboratorios « Cutter »; Heyden Chemical Corporation; Eli Lilly and Co.; Merck and Co. Inc.; Parke, Davis and Co.; Chas. Pfizer and Co. Inc.; Shell Development Company; Instituto Squibb de Investigaciones Médicas; Upjohn Company; y Winthrop Chemical Company Inc.

En 1943 los gobiernos británico y norteamericano establecieron el secreto oficial de todo lo referente a las investigaciones químicas de la penicilina. Dicho secreto permaneció en vigor hasta el fin de 1945; a poco de establecido, los investigadores británicos formaron un comité de representantes de distintos grupos a fin de realizar el intercambio de información. Informes fechados, conocidos por « Series PEN » fueron enviados al Secretario de dicho comité, considerándoselos equivalentes a las publicaciones que en condiciones normales se hubiesen enviado a las revistas científicas. La mayor parte de las investigaciones de degradación penicilínica se llevaron a cabo entre Mayo y Octubre de 1943 y están contenidas en las « Series PEN ».

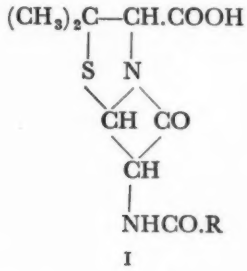
Las investigaciones norteamericanas se realizaron en primer lugar independientemente de las británicas. Tras la imposición de la prohibición de la publicación de investigaciones penicilínicas, el Consejo de Investigaciones Médicas de la Gran Bretaña y la Oficina de Investigaciones y Progreso Científico de los Estados Unidos iniciaron las gestiones para establecer un intercambio regular de información entre los grupos británicos y norteamericanos, llegándose a un acuerdo al principio de 1944. El Consejo británico estableció un Comité de Síntesis penicilínica que vino a sustituir al comité más arriba mencionado y al que enviaron los resultados de sus trabajos los investigadores británicos, recibiendo el nombre de « Informes CPS ». Igualmente los investigadores norteamericanos enviaron informes mensuales a la Oficina de Investigaciones y Progreso Científico. Tanto los informes británicos como los norteamericanos circularon entre los investigadores acreditados dedicados a los estudios penicilínicos.

Dicha colaboración internacional continuó hasta 1945 y probó ser de gran utilidad. Aunque no se consiguió el fin principal: una síntesis práctica de la molécula de penicilina que sirviese para sustituir el método de producción por fermentación, se llegó a coleccionar gran cantidad de datos valiosísimos por su interés científico. El trabajo recogido en los informes trata de los estudios de degradación, la síntesis de los productos de degradación, productos modelo y sus intermediarios para proyectadas síntesis penicilínicas, diferentes investigaciones físico-químicas tales como los espectros infra-rojos y estudios radio-cristalográficos. Los informes están ahora a disposición de todo investigador en las diferentes bibliotecas de la Gran Bretaña y los Estados Unidos, y muy pronto va a publicarse un compendio de tales informes, en la forma de una colección de monografías anglo-americanas sobre la química penicilínica, por la Universidad de Princeton bajo los auspicios de la Academia Nacional de Ciencias de Washington.

Un estudio detallado de los principales resultados de las investigaciones anglo-americanas se encuentra en curso de publicación [7].

MULTIPLICIDAD DE LAS PENICILINAS PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS

Muy pronto apareció bien claro, que la penicilina no era una substancia simple, sino que existía un número de ellas, con propiedades químicas y biológicas similares, pero diferentes en su composición química. Se pudo probar que las penicilinas poseían un núcleo común, pero diferían en la naturaleza de una cadena lateral. La fórmula estructural para la molécula de penicilina que hoy se acepta generalmente va indicada abajo (I):



I

Las penicilinas se diferenciaron primeramente por medio de números romanos, pero más adelante se adoptó una nomenclatura que las diferencia por medio de prefijos que indican la naturaleza de la cadena lateral, p. e.: Bencilpenicilina, en la que $R = C_6H_5CH_2$; heptilpenicilina, en la que $R = C_7H_{15}$, etc. En la Tabla I damos los nombres y fórmulas empíricas de algunas penicilinas aisladas a base de filtrados de cultivos de mohos.

Las penicilinas son fuertes ácidos monobásicos con un *p*K de unos 2,9. No existe indicación de la presencia de un grupo básico en la curva de electrotitulación, y aunque dicha titulación se efectúe en ácido acético glacial usándose como ácido titulador el perclórico, no se halla señal ninguna de la existencia de un grupo básico. Esta ausencia, aun de tipo muy débil, en la molécula penicilínica ha tenido gran significancia para las consideraciones estructurales.

La determinación del peso molecular de las penicilinas usando distintos métodos vino a comprobar que poseían pesos moleculares que corresponden con las fórmulas simples representadas en la Tabla I.

La bencilpenicilina y *p*-hidroxibencilpenicilina muestran la absorción ultravioleta característica de los núcleos bencénicos, pero las penicilinas con cadenas laterales alifáticas no muestran absorción ultravioleta característica.

En la forma de ácidos libres, las penicilinas son solubles en éter, cloroformo y ésteres, y pueden extraerse con dichos solventes de soluciones acuosas acidificadas, con la excepción de la *p*-hidroxibencilpenicilina que no puede extraerse con cloroformo. En los solventes orgánicos mencionados las penicilinas permanecen estables durante varios días a temperaturas bajo 7° C. En soluciones acuosas las penicilinas son estables sólo por valores de *p*H entre 5 y 8, esto es, en la forma de sus sales. En soluciones alcalinas y ácidas pierden rápidamente su actividad biológica. Las sales de álcali de las penicilinas cristalizan fácilmente. MacPhillamy y Wintersteiner fueron los primeros en conseguir, en julio de 1943, una sal de penicilina en estado cristalino: la sal sódica de bencilpenicilina. Aparte de las alcalinas no se han obtenido otras sales metálicas de las penicilinas en estado cristalino; pero otras sales cristalinas con cationes orgánicos fueron preparadas mediante directa combinación de las bases con los ácidos penicilínicos libres en solventes orgánicos (por ejemplo las sales de trietilamina, N-etilpiperidina y procaína). En tales condiciones las sales se precipitan de la solución. La inactivación de las penicilinas en soluciones ácidas y alcalinas va acompañada de un cambio en su solubilidad y propiedades ácido-básicas. Los productos de inactivación son *zwitter-iones* que poseen dos grupos ácidos y uno básico y son insolubles en solventes orgánicos. Ambos han sido aislados en estado cristalino. La titulación electrométrica probó que los productos de inactivación ácida difieren de los de inactivación

TABLA I

Nombre de la penicilina	*Fórmula de la cadena lateral*	*Fórmula empírica*
Δ^2-Pentenilpenicilina	$CH_3.CH_2.CH{=}CH.CH_2{-}$	$C_{14}H_{20}O_4N_2S$
Δ^3-Pentenilpenicilina	$CH_3.CH{=}CH.CH_2.CH_2{-}$	$C_{14}H_{20}O_4N_2S$
n-Amilpenicilina	$CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2{-}$	$C_{14}H_{22}O_4N_2S$
n-Heptilpenicilina	$CH_3.(CH_2)_5.CH_2{-}$	$C_{16}H_{26}O_4N_2S$
Bencilpenicilina	$C_6H_5.CH_2{-}$	$C_{16}H_{18}O_4N_2S$
p-Hidroxibencilpenicilina	$HO.C_6H_4.CH_2{-}$	$C_{16}H_{18}O_5N_2S$

alcalina; los primeros se denominaron ácidos penílicos: son isómeros de las penicilinas y poseen un grupo básico de un *p*K de 7,6; los segundos se denominaron ácidos penicilóicos, con un grupo básico de 5 *p*K; son productos de hidrólisis de las penicilinas y contienen una molécula adicional de agua. Ambos productos de degradación han tenido parte importante en la aclaración de la estructura molecular de la penicilina considerada en su conjunto. Más adelante estudiamos ambas estructuras.

Las penicilinas pierden su actividad biológica bajo la influencia de numerosos reactivos, aparte de los ácidos y alcalinos, quedando así inactivadas por diversos iones metálicos entre los que se incluyen el zinc, cadmio, plomo, mercurio, y cobre; la acción de dichos iones es catalítica. También inactivan a la penicilina los alcoholes primarios y las aminas, los reactivos cetónicos tales como la hidracina e hidroxilamina, el amino-ácido cisteína, y una enzima, producida por diversas especies bacteriales, llamada la penicilinasa.

Las penicilinas son estables respecto de los agentes reductores. Las pentenilpenicilinas reaccionan fácilmente con hidrógeno catalíticamente activado, produciendo la amilpenicilina.

Todas las penicilinas son estables con el yodo en solución neutra pero son rápidamente destruídas por el bromo; también lo son por agentes oxidantes tales como el agua oxigenada y el permanganato potásico.

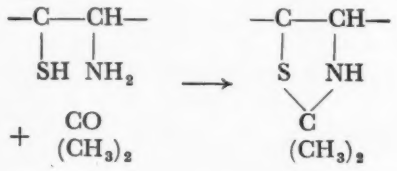
El grupo carboxilo de la molécula de penicilina puede ser esterificado por medio de diazoalcanes, habiéndose obtenido en estado cristalino los ésteres metilo y etilo. El éster metilo de bencilpenicilina posee únicamente una débil actividad antibactérica *in vitro*, pero es tan poderoso como las sales alcalinas *in vivo*, debido, según se supone, a su hidrolización por una enzima hidrolítica de los tejidos. En extractos de conejos de Indias se halló una esterasa capaz de hidrolizar el éster metilo de bencilpenicilina; pero no ha sido posible hidrolizar los ésteres penicilínicos por medios químicos sin una pérdida apreciable de su actividad, aun en las condiciones más favorables.

LOS TRES COMPONENTES FUNDAMENTALES DE LA MOLECULA DE PENICILINA

La molécula de penicilina se halla construída a base de tres componentes fundamentales en los que puede ser dividida mediante la intervención de dos moléculas de agua. Son la penicilamina (un ácido tiol-amino, β-tiolvalina), que es un constituyente común a todas las penicilinas; el peniloaldehido (aminoacetaldehido acilado, cuyo grupo acilo es diferente en las distintas penicilinas); y una molécula de anhídrido carbónico.

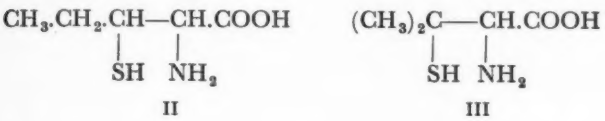
PENICILAMINA

Este fué el primer producto de degradación de la penicilina que se pudo obtener en estado cristalino [5]. Puede precipitarse en un compuesto complejo con cloruro mercúrico, partiendo de los hidrolisatos ácidos de las penicilinas o de soluciones de penicilinas inactivadas por álcali. Puede obtenerse en la forma de su hidrocloruro cristalino tras la descomposición del complejo de cloruro mercúrico por sulfuro de hidrógeno. Tiene la fórmula molecular $C_5H_{11}O_2NS$, siendo por lo tanto la parte de la molécula de penicilina que contiene el átomo de azufre. Produce reacciones de color enérgicas indicando —SH libre, con nitroprusiato sódico o cloruro férrico, hallándose el nitrógeno presente en la forma de nitrógeno α-amino que puede determinarse según el método de van Slyke. Cuando el hidrocloruro de penicilamina se disuelve en acetona y se evapora luego dicha solución, queda un derivado cristalino que no contiene grupos —SH o $—NH_2$ libres, con la composición molecular $C_8H_{15}O_2NS$. Al ser calentado con ácido diluído se libera la acetona y se regenera el hidrocloruro de penicilamina. Esto indicó que los grupos —SH y $—NH_2$ en la penicilamina se hallaban inmediatos y que habían reaccionado con la acetona para producir una tiazolidina:



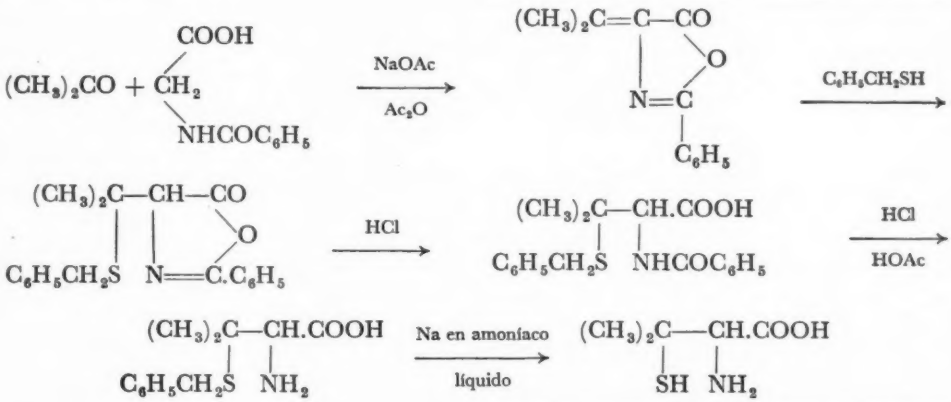
Al oxidarse con agua de bromo, el hidrocloruro de penicilamina se transforma en un amino-ácido cristalino con la fórmula molecular $C_5H_{11}O_5NS$, que es el ácido sulfónico correspondiente. La curva de titulación electrométrica de la penicilamina mostró tres centros titulables, con valores de *p*K de 1,8, 7,9 y 10,4, correspondiendo con los grupos carboxilo, amino y tiol respectivamente. De las dos fórmulas isoméricas posibles para la penicilamina (II y III), la II parecía improbable debido a que las determinaciones de carbono metílico según el método de Kuhn y Roth daban valores de sólo una fracción de una

molécula; dichas determinaciones concordaban con la estructura III que contiene un grupo *gem*-dimetilo.



II III

La exactitud de la estructura III para la penicilamina quedó comprobada mediante la síntesis de la misma; la primera síntesis de la *dl*-penicilamina se obtuvo en Oxford (Abraham, Baker, Chain, Cornforth, y Robinson, 1943) consistiendo en la adición de mercaptan bencílico a 2-fenil-4-*iso*propilideneoxazolona en presencia de metóxido sódico, según el método de Carter, Stevens, y Ney (1941) para la síntesis de la cisteína metílica. El progreso de dicha síntesis va indicado en el esquema siguiente:



Más tarde se desarrollaron otros métodos de síntesis de la *dl*-penicilamina. La resolución de la misma puede obtenerse mediante el fraccionamiento de la sal brucínica del derivado N-formílico. La penicilamina natural pertenece a la serie *d*, lo cual pudo deducirse por su comportamiento óptico y por el de su derivado *iso*-propilidénico, siendo comprobado más tarde mediante el tratamiento del derivado fenilureído con níquel de Raney, lo cual condujo al derivado fenilureídico de la *d*-valina (grupo de Merck, octubre 1943). La penicilamina es otro ejemplo de un amino-ácido que posee la configuración «antinatural» *d* que se da en los productos metabólicos de los microorganismos. Se recordará que los polipéptidos antibactéricos gramicidina y tirocidina, y el antígeno del *B. mesentericus* contienen amino-ácidos de dicho tipo.

La penicilamina es un nuevo amino-ácido que hasta el presente no se ha hallado en ningún otro producto biológico. Es más soluble en agua que la cisteína y su disulfuro es muy resistente a la reducción. Ni la *d*-penicilamina, ni la *l*, ni sus disulfuros sufren el ataque de las enzimas de los tejidos animales.

LOS PENILOALDEHIDOS

Mientras que la penicilamina es un constituyente común a todas las penicilinas, cada una de éstas produce un diferente peniloaldehido. Estos productos pueden obtenerse en la forma de sus 2,4-dinitrofenilhidrazonas tras hidrólisis de las penicilinas con ácido diluído a 100° C y precipitación de la penicilamina con cloruro mercúrico; pueden obtenerse asimismo por descomposición de los ácidos penicilóicos con cloruro mercúrico, siendo aquéllos los productos de la inactivación alcalina de las penicilinas. El primer penilaldehido que se llegó a aislar fué derivado de la Δ^2-pentenilpenicilina, preparada de cultivos superficiales, con los que habían venido trabajando los investigadores británicos. Su estructura fué determinada como sigue (grupo de Oxford, setiembre-noviembre 1943). El análisis elemental del derivado dimedónico y la determinación de su peso molecular por medio de la radio-cristalografía indicó que la fórmula molecular del peniloaldehido era $C_8H_{13}O_2N$. La oxidación con óxido de plata dió un ácido $C_8H_{13}O_3N$. Tras la hidrólisis con ácido clorhídrico a los 10%, o con hidróxido sódico, una alta proporción del nitrógeno se hallaba presente en la forma de nitrógeno α-amínico, dando una reacción positiva por el método de van Slyke, de donde se concluyó que contenía un enlace péptido. Mientras tanto,

los investigadores norteamericanos habían aislado en su forma cristalina la sal sódica de la penicilina con la que habían venido trabajando, estableciendo su fórmula molecular en $C_{16}H_{18}O_4N_2S$; esta penicilina americana, como la británica, daba penicilamina tras su hidrólisis ácida, pero mientras la primera producía ácido fenilacético a partir de los hidrolisatos ácidos, en la segunda no se pudo nunca aislar dicha substancia, a pesar de la facilidad con que puede descubrirse, lo que sirvió para establecer la conclusión definitiva de que se trataba de dos substancias químicamente diferentes. Y siendo en ambas idéntica la penicilamina, la diferencia tenía que encontrarse en la parte peniloaldehídica de la molécula. Sobre la base de la fórmula molecular de la penicilina americana se llegó a suponer que produciría un peniloaldehido con la fórmula $C_{10}H_{11}O_2N$ que, al ser oxidado con óxido de plata, daría un ácido $C_{10}H_{11}O_3N$. Suponiendo que dicho ácido contuviese ácido fenilacético y un enlace péptido, su estructura podía ser únicamente la de la fenilacetilglicina, y la estructura del correspondiente peniloaldehido la del fenilacetilaminoacetaldehido. Al ser así, se dedujo que el ácido derivado del peniloaldehido británico tendría la estructura de un hexenoilaminoacetaldehido. Lo cual se comprobó mediante el aislamiento de glicina (en la forma de su derivado naftalenesulfonílico) a partir de hidrolisatos ácidos del ácido $C_8H_{13}O_3N$; sólo se obtuvieron unos milígramos pero fueron identificados por medio de medidas radiocristalográficas.

La estructura del ácido hexenóico en el peniloaldehido británico se estableció de la siguiente manera: el aislamiento de ácido capróico en la forma de su derivado *p*-bromofenil-fenacílico a partir de hidrolisatos ácidos de la penicilina británica catalíticamente reducida probó que poseía una cadena carbónica recta (grupo del Imperial College, octubre 1943). El doble enlace se colocó en la posición β-γ mediante oxidación con permanganato frío, que produjo propional. De dicho modo, la estructura del peniloaldehido británico era la del β-γ-pentenilaminoacetaldehido. El acetal de dicho aldehido fué sintetizado a partir de aminoacetal y de cloruro β-γ-hexenoílico. Ello nos da una 2,4-dinitrofenilhidrazona idéntica a la que se obtiene de la penicilina británica. El acetal del peniloaldehido americano fué también sintetizado de forma semejante a partir de cloruro fenilacetílico y aminoacetal.

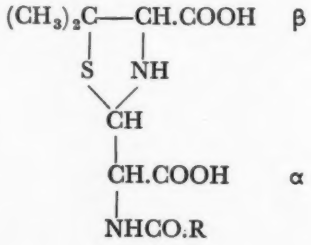
Más tarde se aislaron otros peniloaldehidos de penicilinas naturales, por ejemplo el *p*-hidroxifenilacetilaminoacetaldehido de la *p*-hidroxibencilpenicilina (penicilina X), y el *n*-caprililaminoacetaldehido de la *n*-heptilpenicilina (K).

EL GRUPO CARBOXILO INESTABLE

Las penicilinas contienen un grupo carboxilo libre y otro en enlace, y cuando se las calienta en ácido a 80–100° C durante breves períodos se produce una descarboxilación. También se produce al tratar los productos de inactivación alcalina con cloruro mercúrico. Cuando el éster metílico de Δ^2-pentenilpenicilina fué tratado con cloruro mercúrico se produjo descarboxilación pudiendo aislarse entonces el éster metílico de la *d*-penicilamina en el producto de reacción. Esto sirvió para probar que el anhídrido carbónico era derivado del grupo carboxilo en enlace y no del libre que pertenece al fragmento de penicilamina de la molécula penicilínica (grupo de I.C.I. 1944).

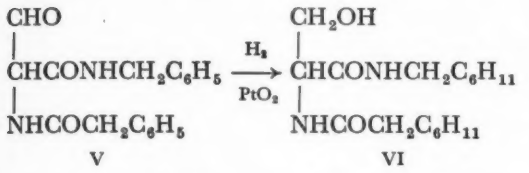
LA ESTRUCTURA DE LOS PENICILOATOS

Los productos de inactivación alcalina de las penicilinas, llamados peniciloatos, pueden descomponerse por medio del cloruro mercúrico en penicilamina, peniloaldehidos, y anhídrido carbónico. No contienen grupos aminos o sulfhidrilos libres y no producen precipitación con la 2,4-dinitrofenilhidracina antes de la adición del cloruro mercúrico. De esto se dedujo que la penicilamina y el peniloaldehido se hallan enlazados en un anillo tiazolidínico de la molécula de penicilina. La tendencia de la penicilamina a formar fácilmente tiazolidinas con aldehidos y cetonas había sido notada ya muy pronto (*Vid. supra*), y la fisión por medio del cloruro mercúrico es una reacción característica de las tiazolidinas. La posición más probable del grupo carboxilo inestable que surgió en forma de anhídrido carbónico tras el tratamiento de los peniciloatos con cloruro mercúrico era la de β respecto del grupo aldehido potencial del peniloaldehido, concluyéndose, por lo tanto, que los ácidos penicilóicos eran tiazolidinas de la estructura IV:



IV

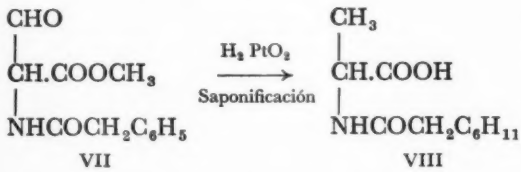
Esto se comprobó como sigue: al tratar la penicilina americana con bencilamina se notó la formación de un producto cristalino, biológicamente inactivo, con la fórmula $C_{30}H_{36}N_4O_4S.H_2O$ (Northern Regional Research Laboratory, 1943), cuya descomposición con cloruro mercúrico daba el complejo cloruro-mercúrico de penicilamina, y la solución supernatante producía una 2,4-dinitrofenilhidrazona. La estructura del aldehido correspondiente resultó ser V por reducción catalítica con óxido de platino, que produjo el ciclohexilamido de N-ciclohexilacetilserina (VI) (Grupo de Merck, noviembre 1943):



El ácido aldehídico CHO.CH.COOH, que, |
NHCO.R

como es natural, es inestable en forma de ácido libre, pero puede obtenerse en la forma de sus ésteres, amidos, y otros derivados, ha recibido el nombre de ácido penáldico, y los ácidos penáldicos derivados de las distintas penicilinas se diferencian, como éstas, por medio de prefijos que indican la naturaleza del grupo R.

Prueba adicional de la estructura de los ácidos penáldicos y de los peniciloatos se obtuvo por medio de la degradación del producto de bencilpenicilina inactivada con metanol. Al descomponerse con cloruro mercúrico se desprendió el éster metílico de un ácido aldehídico, el cual se podía convertir por hidrogenización catalítica en N-ciclohexilacetilalanina (VIII) y que, por lo tanto, tenía la estructura VII:



Quedó así claro que los peniciloatos eran tiazolidinas formadas a base de penicilamina y penaldatos. De los dos grupos carboxilos de los ácidos penicilóicos, el que pertenece a la penicilamina se denomina β, y el segundo, que pertenece al ácido penáldico, α. Con la determinación de la estructura de los ácidos penicilóicos quedó aclarado el mecanismo de una cantidad de reacciones de inactivación de las penicilinas. Como ya se ha dicho, la acción de las aminas primarias sobre las penicilinas produce la formación de α-monoamidos de los peniciloatos, y la acción de los alcoholes primarios la formación de α-monoésteres. Esta última reacción se cataliza con iones metálicos, en especial cobre, zinc, y estaño, y puede ser notablemente retardada mediante la adición de dimercaptopropanol (Anti-lewisita británica, BAL). En su presencia las penicilinas son estables en alcoholes primarios a 37° C durante 24 horas, por lo menos [8]. La acción de iones metálicos tales como el cobre, zinc, y cadmio sobre las sales penicilínicas en soluciones acuosas también conduce a la formación de peniciloatos. Es así posible realizar una saponificación gradual de los diésteres de los peniciloatos.

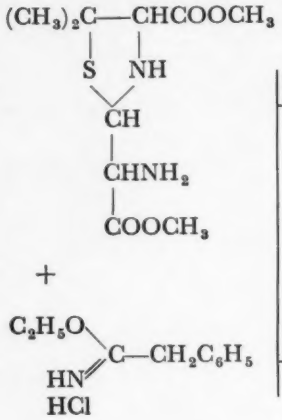
También se forman éstos a base de las penicilinas tratadas con la enzima penicilinasa. La acción de la hidracina en las penicilinas conduce a la formación de α-hidrácidas, la de la hidroxilamina a la formación de ácidos α-hidroxámicos; la cisteína que inactiva las penicilinas en una solución acuosa neutra, reacciona con el grupo sulfhidrilo (grupo Squibb). Las α-hidrácidas de los peniciloatos experimentan fácilmente el cierre de sus anillos; se forma 4-fenilacetamino-5-pirazolona a partir de la α-hidrácida del ácido bencilpenicilóico. La acción del ácido acético en las penicilinas en forma de sus ácidos libres conduce a la formación de N-acetilpeniciloatos (grupo Squibb, 1944). Los peniciloatos derivados de *d*-penicilamina pueden ocurrir en cuatro formas estereoisoméricas, habiéndose aislado todas ellas (grupo Merck, 1944). Difieren grandemente en sus puntos de fusión y rotaciones específicas, denominándoseles formas α, β, γ, y δ. Las formas α, β, y γ pueden aislarse a base de bencilpeniciloatos sintéticos muta-rotados. La forma δ, que es laevo-rotatoria, se obtiene mediante la acción del sulfato de cobre sobre la bencilpenicilina (grupo Squibb, 1944).

Los peniciloatos pueden sintetizarse fácilmente mediante la condensación de la penicilamina, o de sus ésteres, con penaldatos; método que ha permitido preparar numerosos peniciloatos y sus derivados N-acilados.

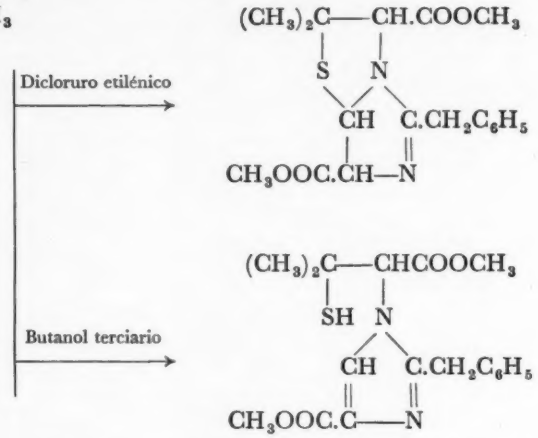
LA ESTRUCTURA DE LOS ACIDOS PENILICOS Y LAS PENILAMINAS

Los productos que se forman al inactivarse las penicilinas en soluciones acuosas de *p*H ácido se

denominan ácidos penílicos. El primero que se aisló se derivaba de la Δ^2-pentenilpenicilina obtenida de cultivos superficiales británicos (Duffin y Smith, 1943). Los ácidos penílicos poseen gran poder de cristalización; son insolubles en solventes orgánicos, y muy ligeramente solubles en agua; tienen una rotación específica más elevada que la de las penicilinas; y muestran una absorción ultravioleta característica hacia 2.730 Å. Un análisis elemental comprueba su isomerismo con las penicilinas. Cuando se los trata con cloruro mercúrico quedan descarboxilados y transformados en hidrocloruros de bases llamadas penilaminas, que son substancias estables que resisten el tratamiento en caliente con material ácido y alcalino. Producen la reacción colórica de un grupo sulfhidrilo libre, pero no poseen un grupo α-amínico. La titulación electrométrica muestra tres centros titulables: uno que corresponde a un grupo carboxilo, otro a un grupo básico, y otro a un grupo sulfhidrilo. La oxidación con el bromo produce la formación del ácido penicilamínico, y al tratarse con 2,4-dinitrofenilhidrazina se obtiene la oxazona de glioxal. Como el orden de los átomos de la sección peniloaldehídica está fijo, la única estructura posible de las penilaminas que se conforma con dichos datos es la estructura imidazola IX (grupo del Imperial College, 1943). Los ácidos penílicos que contienen una molécula adicional de anhídrido carbónico, sin grupo sulfhidrilo ninguno, se supuso poseían la estructura imidazolina X (grupo de Oxford, 1943). Al tratarlos alcalinamente en frío o herviendo en metanol al reflujo, los ácidos penílicos se isomerizan en ácidos *iso*penílicos, los cuales contienen un grupo sulfhidrilo libre y poseen la estructura XI (grupo de Oxford, 1944):



Los ácidos bencilpenílico y benci*liso*penílico han sido sintetizados de acuerdo con el esquema siguiente (grupo Merck, 1944):



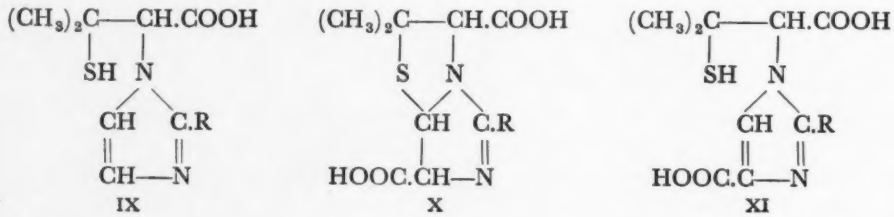
También se han sintetizado las penilaminas por métodos distintos.

FORMULAS ESTRUCTURALES DE LA MOLECULA DE PENICILINA

Al establecer las fórmulas estructurales de la molécula de penicilina se tuvieron que considerar los factores siguientes:

1. Las penicilinas están formadas a base de penicilamina, peniloaldehidos y una molécula de anhídrido carbónico, con la eliminación de dos moléculas de agua.
2. Ambos átomos de nitrógeno deben hallarse presentes en el estado no-básico.
3. Las penicilinas se isomerizan en derivados imidazolínicos con extraordinaria facilidad.

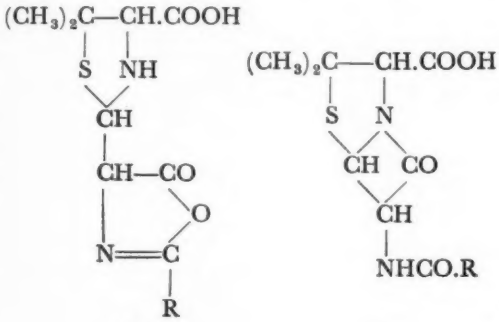
Se pueden formular numerosas fórmulas de la molécula de penicilina mediante la unión de sus tres componentes y la eliminación de dos moléculas de agua, la mayoría de las cuales deben ser descartadas debido a su desconformidad patente con las propiedades físicas y químicas de la penicilina.



IX X XI

Si se considera que los ácidos penicilóicos se forman por hidrólisis directa de las penicilinas, sin reorganización intramolecular alguna, se puede establecer la fórmula penicilínica mediante la eliminación de una molécula de agua en los ácidos penicilóicos.

Las primeras fórmulas sugeridas fueron la estructura tiazolidina-oxazolona XII y la estructura β-lactámica I (grupo de Oxford, 1943):



XII I

La primera, que contiene el anillo reactivo oxazolónico, parecía explicar algunas de las reacciones características de la penicilina: por ejemplo, la reacción con substancias alcalinas para dar peniciloatos; la reacción con alcoholes primarios y aminas que produce los α-ésteres y los α-amidos de los peniciloatos; y la isomerización en ácidos penílicos. La mayor dificultad estribaba en el grupo imino del anillo tiazolidínico que era de esperar mostrase propiedades básicas, mientras que, en realidad, las penicilinas no contienen ningún grupo básico. Se propuso entonces la estructura β-lactámica para salvar dicha dificultad; en ella ambos átomos nitrogénicos se hallan presentes en forma de grupos no-básicos.

Independientemente, las investigaciones de Merck vinieron a sugerir también la estructura tiazolidina-oxazolónica como la más probable para la molécula de penicilina, aunque la estructura β-lactámica era asimismo mencionada como posibilidad teórica. Hasta principios de 1945 se consideró a aquélla como la más cierta, pero hacia dicha fecha comenzaron a acumularse pruebas de su inexactitud y de la posible adecuación de la estructura β-lactámica, decidiéndose realizar investigaciones en un doble sentido que sirviesen para aclarar decisivamente el problema. Por un lado se sintetizaron compuestos modelos de los sistemas anulares que se postulaba hallarse presentes en ambas estructuras: tiazolidinas, oxazolonas, y β-láctamas, comparándose luego sus propiedades con las de las penicilinas. Por otro lado se realizaron otros estudios de degradación de las penicilinas que condujeron a la preparación de otros nuevos productos de degradación. A continuación reseñamos los resultados de ambas líneas de investigación.

(*Continuación en el Número próximo*)

BIBLIOGRAFIA

[1] FLEMING, A. « On the Antibacterial Action of Cultures of a *Penicillium*, with Special Reference to their Use in the Isolation of *B. influenzae* », *Brit. J. Exp. Path.*, **10**, 226, 1929.

[2] CLUTTERBUCK, P. W., LOVELL, R., y RAISTRICK, H. « Studies in the Biochemistry of Microorganisms. XXVI: The Formation from Glucose by Members of the *Penicillium chrysogenum* Series of a Pigment, an Alkali-soluble Protein and Penicillin — the Antibacterial Substance of Fleming », *Biochem. J.*, **26**, 1907, 1932.

[3] CHAIN, E., FLOREY, H. W., GARDNER, A. D., HEATLEY, N. G., JENNINGS, M. A., ORR-EWING, J., y SANDERS, A. G. « Penicillin as a Chemotherapeutic Agent », *Lancet*, II, 226, 1940.

[4] ABRAHAM, E. P., CHAIN, E., FLETCHER, C. M., FLOREY, H. W., GARDNER, A. D., HEATLEY, N. G., y JENNINGS, M. A. « Further Observations on Penicillin », *Lancet*, II, 177, 1941.

[5] ABRAHAM, E. P., BAKER, W., CHAIN, E., y ROBINSON, R. « Penicillamine, a Characteristic Degradation Product of Penicillin », *Nature*, **151**, 107, 1943.

[6] CHAIN, E., y FLOREY, H. W. « Penicillin », *Endeavour*, **3**, 3, 1944; « The Discovery of the Chemotherapeutic Properties of Penicillin », *British Medical Bulletin*, **2**, 5, 1944.

[7] CHAIN, E. « The Chemistry of the Penicillins », *Ann. Rev.* Biochem. (en prensa).

[8] CHAIN, E., y PHILPOT, F. J. « The Catalytic Effect of Metal Ions on the Alcoholysis of the Penicillins », *Arch. Biochem.* (en prensa).

Lazzaro Spallanzani, fundador de la fisiología experimental

E. TORTONESE

Las investigaciones biológicas progresaron rápidamente durante el siglo XVIII, y entre los sabios que tuvieron parte más importante en dicho progreso se destaca Lazzaro Spallanzani, científico italiano y catedrático de Historia natural de la Universidad de Pavía durante treinta años. Hizo amplio uso del método experimental, obteniendo, como resultado de sus largas investigaciones, conocimientos valiosísimos, en especial en las ramas de la fisiología y biología general.

L. Spallanzani, hijo de un jurista, nació en Scandiano, cerca de Modena, en el Norte de Italia, el 10 de enero de 1729. A la edad de 15 años ingresó en el colegio jesuíta de Reggio, pero muy pronto (1747) se dedicó a los estudios de leyes en la Universidad de Bolonia, donde era catedrático de Física su prima Laura Bassi, con cuya influencia y ayuda nuestro joven pronto se interesó en los estudios científicos, hacia los que sentió desde entonces atracción siempre creciente. Pronto abandonó sus libros de Derecho dedicándose a la lectura cuidadosa de los de Vallisnieri y otros naturalistas. Ordenado sacerdote, regresó a Reggio en 1755 donde se dedicó a la enseñanza de Lógica en el colegio de dicha ciudad; también profesaba la Metafísica y el griego, dominando además otras lenguas clásicas. Dos años más tarde fué nombrado catedrático de Física y Matemáticas en la Universidad de Reggio, de donde pasó al Colegio de San Carlos de Modena en 1763 como profesor de Matemáticas y de griego, y de Física y Filosofía en su Universidad.

Pasó, sin embargo, la mayor parte de su vida académica en Pavía, donde ocupó una cátedra desde 1769 hasta su muerte, iniciando con su llegada la enseñanza oficial de Zoología en dicha universidad, que había recibido recientemente una nueva donación de la reina Maria Teresa que le permitió aumentar y organizar debidamente sus colecciones científicas, libros e instrumentos.

Interesado en una gran variedad de materias, no puede decirse que fuese Spallanzani puramente un biólogo; la física, la geología y la mineralogía ocuparon también su atención. Sin embargo, su nombre está relacionado principalmente con el desarrollo de la fisiología experimental de la que con razón se puede considerar fundador; y fué en este terreno donde realizó sus descubrimientos más importantes. Se dedicó al estudio de ciertos problemas biológicos fundamentales, aplicando con gran éxito el método experimental, método que se halla a la base de todos los triunfos de la ciencia moderna, y siguiendo el ejemplo de otro gran naturalista italiano, Antonio Vallisnieri (1661–1730), que había recomendado sin cesar a todos los « filósofos » que repitiesen continuamente sus experimentos y observaciones, sin fatigarse de recogerlos y compararlos a fin de averiguar la verdad.

Había existido durante la época antigua y medieval la firme creencia en la generación espontánea u origen de los organismos partiendo de materias inanimadas, como por ejemplo del barro bajo la acción solar. Sin embargo, un conocido poeta, físico y naturalista italiano, Francesco Redi (1626–96) de Arezzo (Toscania), probó que la generación espontánea de insectos en los animales muertos es imposible; si la carne del animal quedaba protegida no aparecían larvas ni gusanos. Spallanzani preparó otros experimentos para demostrar la imposibilidad de la generación espontánea (que quedó finalmente descartada con Pasteur en el siglo siguiente), probando que ningún organismo animal podía desarrollarse en infusiones vegetales hervidas y conservadas en recipientes cerrados; la tesis de que los infusorios, como los demás organismos sólo pueden desarrollarse partiendo de otros individuos pre-existentes de la misma especie está desarrollada en su *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' signori di Needham e Buffon* (Modena, 1765), obra entre las suyas más famosas.

Se hace evidente en tales investigaciones el interés que Spallanzani mostró por el proceso reproductivo de los seres vivos, y tras cuidadosos estudios pudo presentar explicaciones parciales de varios de ellos. En su *Prodromo di un' opera da*

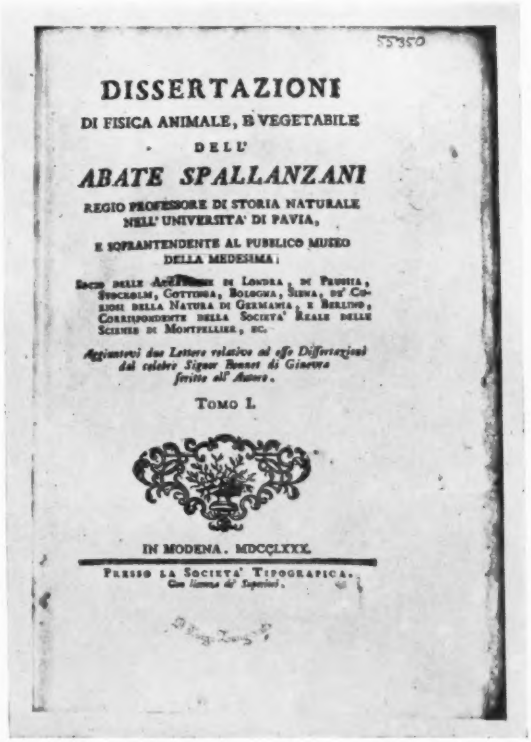
imprimersi sopra le riproduzioni animali (Modena, 1768), que despertó gran interés entre los científicos contemporáneos, describe el poder regenerador de ciertos animales.

Algunos años más tarde (1777–82) llevó a cabo un número de experimentos, hoy clásicos, sobre la fertilización, la cual se había atribuído anteriormente a un *aura seminalis* que causaba el posterior desarrollo de los huevos, idea curiosa que permanecía aún en boga después del descubrimiento de los espermatozoos en el siglo XVII (los primeros *Animalcula seminalia* observados lo fueron por Hamm en Holanda en 1677, y bautizados así por Leeuwenhoek). Spallanzani probó que el huevo sólo puede quedar fertilizado si el flúido espermático se pone en contacto real con él, habiendo llegado asimismo a fertilizar artificialmente no sólo huevos de distintos anfibios sino también los de una perra. Describió dichos experimentos en su *Prodromo della Nuova Enciclopedia Italiana* (Siena, 1779). Sin embargo, no comprendió que el espermatozoo es el verdadero elemento activo, atribuyendo la función reproductora al líquido en que flota. Cuarenta años más adelante Prévost y Dumas (1824) demostraron que la fertilización está producida por las minúsculas células que existen en el flúido espermático, que queda inactivo si se le filtra.

Obra que ha dado fama perenne a Spallanzani es la titulada *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile* (Modena, 1780), cuyo primer volumen estudia la digestión y el segundo la reproducción. En ambos se critican y modifican algunas de las opiniones más comunes sustentadas en su época. Es bien sabido que la historia de la embriología durante el siglo XVIII se caracteriza por la controversia entre los que creían en la preformación del nuevo individuo en el germen (preformistas), y los que mantenían que su formación se completa después de la fertilización (epigenistas). G. F. Wolff, el gran contemporáneo de Spallanzani, era epigenista, mientras que éste sostenía el preformismo diciendo que el embrión está ya completamente formado en el huevo y que « la existencia de embriones en las hembras con anterioridad a la fertilización es una de las leyes naturales más generales. » Dicha opinión quedó reforzada mediante una serie de observaciones en los anfibios que le convencieron de que las llamadas huevas de rana no eran en realidad huevos, sino minúsculos renacuajos con todas sus partes ya formadas que esperaban a desarrollarse subsecuentemente.

La reproducción vegetal resultó ser otro campo

FIGURA 1 – *Antonio Vallisnieri, el gran naturalista italiano cuyas obras fueron ejemplo e incentivo de Spallanzani. Nació cerca de Modena en* 1661 *y murió en Padua en* 1730.



DISSERTAZIONI
DI FISICA ANIMALE, E VEGETABILE
DELL'
ABATE SPALLANZANI
REGIO PROFESSORE DI STORIA NATURALE NELL' UNIVERSITA' DI PAVIA,
E SOPRANTENDENTE AL PUBBLICO MUSEO DELLA MEDESIMA;
Socio delle Accademie di Londra, di Prussia, Stocholm, Cottinga, Bologna, Siena, de' Curiosi della Natura di Germania, e Berlino, Corrispondente della Società Reale delle Scienze di Montpellier, &c.
Aggiuntevi due Lettere relative ad esse Dissertazioni del celebre Signor Bonnet di Ginevra scritte all' Autore.
Tomo I.
IN MODENA. MDCCLXXX.
Presso la Società Tipografica.
Con licenza de' Superiori.

FIGURA 2 – *Portada del « Dissertazioni » de Spallanzani (Modena,* 1780).

FIGURA 3 – *Claustro de la Universidad de Pavía, con el monumento a Spallanzani a la izquierda.*

de fértil investigación que Spallanzani estudió en un centenar de páginas en el segundo volumen de sus Disertaciones, en el que describe sus observaciones en diferentes especies (*Genista*, guisante, cohombro, cáñamo, etc.), y, aplicando también el principio preformista a dichos organismos, mantuvo que la simiente existe con anterioridad a la fertilización, y que el polen es el agente reproductor en ciertas especies de plantas, pero innecesario en otras.

De la lectura de los seis capítulos que forman el primer volumen se deduce que Spallanzani interpretó correctamente el proceso digestivo sobre el que habían existido grandes controversias. Tanto para Galeno como para Paracelso la digestión era una « cocción » causada por el calor estomacal, mientras que para Silvius y Van Helmont se trataba de una fermentación. El gran físico y naturalista francés R. A. Ferchauld de Réaumur (1683–1757) hizo que unas gallinazas se tragasen unos tubos de vidrio perforado que contenían trocitos de carne; las perforaciones tenían por objeto permitir la entrada de los jugos gástricos. Retiró luego los tubos y examinó la carne, cuya apariencia le hizo suponer que había estado sometida a cierta acción solvente, lo que en su opinión vino a probar que el proceso digestivo se debía más bien a una substancia solvente que no a una acción mecánica. Lo mismo opinaba Spallanzani, presentando una hipótesis más completa de la función de los jugos digestivos; pudo probar concluyentemente que éstos son los agentes activos de la digestión y que su efecto es más o menos rápido según la composición de los alimentos ingeridos. Demostró asimismo que los jugos gástricos tienen propiedades antisépticas; y que el proceso de la digestión se diferencia enteramente de la fermentación, ya que a veces el tubo digestivo ejerce una importante acción mecánica, como sucede por ejemplo en la molleja de las aves. En 1777 repitió en público los famosos experimentos llevados a cabo en Florencia por la Accademia del Cimento para demostrar la extraordinaria fortaleza de gallinas y patos, que en unas pocas horas pueden pulverizar pequeñas bolas de cristal dentro de la molleja.

Las conclusiones a que llegó Spallanzani por medio de sus experimentos con aves, reptiles,

perros y otros animales, a más de sus investigaciones sobre el proceso digestivo *in vitro* causaron algunas objeciones en el famoso anatomista inglés G. Hunter, pero éstas quedaron fácilmente refutadas.

Las altas cualidades de experimentador de Spallanzani son asimismo evidentes en sus trabajos sobre la circulación de la sangre y la respiración. El fué el primero en observar que en el embrión de un polluelo la sangre pasa de las venas a las arterias a través de unos vasos diminutos llamados capilares. Escribió dos trabajos sobre la circulación: *Dell' azione del cuore nei vasi sanguigni* (Modena, 1768) y *Dei fenomeni della circolazione osservata nel giro universale dei vasi, ecc.* (Modena, 1773). Al estudiar el proceso respiratorio demostró que el intercambio de gases a través de la piel (respiración cutánea) tiene parte importante en la vida de los anfibios; y confirmó además la hipótesis de la respiración interna de los tejidos que había sido propuesta por el matemático Lagrange, de Turín (1736–1813), estableciéndose definitivamente que los procesos de combustión se efectúan sin interrupción en cada órgano y en cada tejido. Trató de dichos temas en un trabajo póstumo, *Memorie sulla respirazione* (Milán, 1803).

Esta breve enumeración de los trabajos principales de Spallanzani en la rama estrictamente fisiológica no está, ni mucho menos, completa, ya que le debemos además toda una serie de valiosas observaciones de interés principalmente zoológico. Sus conocidos experimentos sobre los sentidos de los murciélagos, a los que ya se ha hecho referencia en estas páginas (ENDEAVOUR, 1947, **6**, 36) son característicos. Durante ellos cegó algunos animales, descubriendo que aún entonces podían volar en una habitación evitando todos los obstáculos, aún aquellos tan pequeños como los hilos de seda extendidos a su paso. Estudió asimismo la zoología de las esponjas, el poder eléctrico de las rayas (*Torpedo*), la reproducción de las anguilas, las curiosas costumbres de los cangrejos hermitaños, la vida de algunos animalículos acuáticos (rotíferos y tardigrados) que pueden resistir la desecación durante largos períodos.

Spallanzani merece, por lo tanto, lugar importante en la historia de la zoología; y debemos recordar a este respecto sus viajes, cuyos relatos publicó en parte él mismo. Dichos viajes ampliaron grandemente el campo de sus observaciones, permitiéndole regalar numerosos especímenes al museo de la Universidad de Pavía. Coleccionó animales italianos y extranjeros, así como minerales y rocas, y escribió numerosas notas sobre zoología, mineralogía y física, notando además las características y costumbres de las gentes de diversos países.

Viajó por Suiza (1779) y por diversas regiones de la costa mediterránea (Liguria, costa adriática, etc. (1781–3)) coleccionando valiosas observaciones sobre la biología marina. Fué invitado en 1785 a ir a Padua donde precisaban un catedrático de Historia natural, pero rechazó dicho ofrecimiento, no sólo porque la reina Maria Teresa le otorgó doble sueldo y permiso para visitar las regiones orientales, sino también debido a su sincero amor por Pavía. Acompañó, en 1785, al Embajador que la República de Venecia enviaba a Constantinopla, visitando regiones del Asia menor, los Balcanes, y Alemania; en Viena recibió los elevados honores que le confiriera el Emperador. Describió sus impresiones en el libro *Viaggio in Oriente* (Turín, 1788), y en otro volumen,

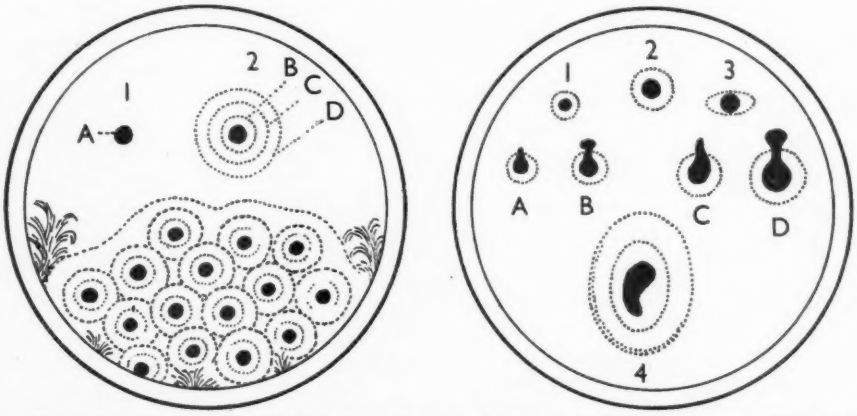


FIGURA 4 – *Huevas de rana en su estado inicial de desarrollo según las figuras de Spallanzani en sus «Dissertazioni»* (1780).

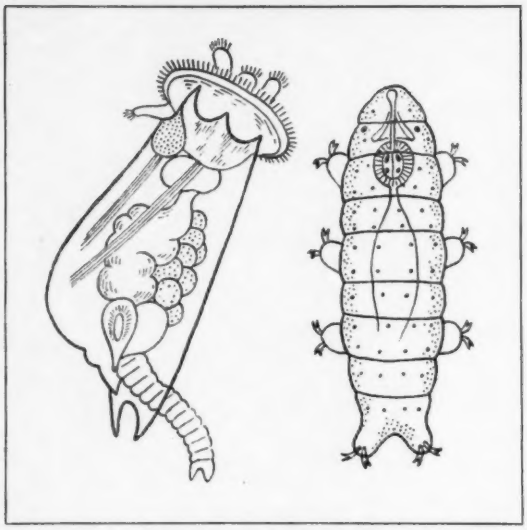


FIGURA 5 – *Animalitos cuya resistencia a la desecación fué observada por Spallanzani: (izquierda) rotífero* (Brachionus), *(derecha) tardígrado* (Macrobiotus). *Los tardígrados recibieron tal nombre por su tardo movimiento.* (1776).

Viaggi in Sicilia ed alcune parti dell'Appennino, (Pavía, 1792–7) recogió todas las notas de un largo viaje a través de la península italiana hasta Sicilia. Ascendió al Vesuvio y al Etna, visitando con gran atención los Campos Flegros cerca de Nápoles, y las colinas de Euganei en Padua. Sus memorias no sólo tratan de mineralogía sino también de numerosos temas biológicos tales como la fosforescencia de las medusas, las diversas especies de aves, las pesquerías de anguilas en Comacchio, etc.

Spallanzani era un buen escritor, de estilo claro, elegante y convincente, que evita todo ornato retórico. Entró en correspondencia con el naturalista suizo Charles Bonnet, de Ginebra (1720–93), agudo investigador de los organismos vivos y descubridor de la partenogénesis en los áfidos. Bonnet apreciaba grandemente los trabajos de Spallanzani y coincidía con éste en muchas de sus opiniones, diciendo que Spallanzani había descubierto en pocos años mucho más que las más famosas academias de Europa en muchos. Debemos a Spallanzani la traducción italiana de la obra de Bonnet *Contemplations de la Nature* (Modena, 1769) partes de la cual están incluídas en sus *Dissertazioni* junto con la correspondencia entre ambos sabios.

. Era Spallanzani miembro de numerosas academias y sociedades científicas tanto italianas (Bolonia, Siena) como extranjeras (Londres, Estocolmo, Berlín, Montpellier). Acostumbraba a realizar todos sus trabajos con el mayor afán y precisión; no vivió encerrado en su laboratorio sino que le gustaba anunciar en disertaciones públicas los resultados esenciales de sus investigaciones. Fué, como es natural, víctima de la envidia y calumnia de algunos de sus contemporáneos, pero la alta calidad de su trabajo y la rectitud de su carácter fueron siempre respuesta suficiente para sus críticos. Nunca estuvo encadenado por prejuicios, tanto en su vida privada como en sus trabajos científicos, respetando siempre la razón y la imparcialidad, y teniendo el convencimiento de que el conocimiento personal era siempre superior a las afirmaciones de otros, por muy grande que fuera su autoridad. Citemos algunas palabras suyas: al final del segundo volumen de las *Dissertazioni* (pag. 346) nos recuerda que « el espíritu de observación y experimento debe ser preferido al arte de la clasificación nominal si deseamos aumentar el tesoro de los conocimientos útiles en los tres reinos naturales. » En las páginas que preceden inmediatamente a dicha conclusión insiste en que en cualquier rama de la Historia natural que se siga el investigador no debe limitarse a meros esfuerzos memorísticos para aprender series de nombres sino que, por el contrario, hallará su mayor satisfacción en la investigación completa y cuidadosa de los objetos y fenómenos que se dan en la naturaleza.

Con razón podemos, pues, considerar a Spallanzani como uno de los biólogos más eminentes entre el grupo de iniciadores de nuevas direcciones de investigación que abrieron nuevos horizontes a los estudiantes de la materia viva. Más de cuarenta obras — muchas traducidas a lenguas extranjeras — y algunos manuscritos inéditos que le han sobrevivido son la prueba de su eterno amor a la ciencia y su gran esfuerzo por el progreso de la misma.

BIBLIOGRAFIA

CARUS, V. *Histoire de la Zoologie* (París, 1880).
DAMPIER, W. C. *A Shorter History of Science* (Cambridge, 1944).
Encyclopaedia Britannica, 1929, vol. 21, p. 147.
MONTALENTI, G. « *Lazzaro Spallanzani*», *Nuova Antol.* (Roma, 1929).
Idem. « Spallanzani, L.» *Encicl. Ital.*, 1936, vol. xxxii., p. 299.
SPALLANZANI, L. *Le Opere* (1932).

El camuflaje animal

P. H. T. HARTLEY

La teoría de que la coloración de los animales tiene un significado funcional y evolucionista es hoy en día generalmente aceptada, aun cuando hay que descartar muchas de las afirmaciones extravagantes que se hicieron a propósito de ella. Ciertas modalidades de color pueden indudablemente representar un valor para los animales, protegiéndolos contra sus enemigos o permitiéndoles acercarse a sus víctimas sin producir alarma. En este artículo el autor discute e ilustra los principales tipos de camuflaje animal.

La palabra camuflaje se ha tomado muchas veces como sinónima de disimulo protectivo, pero de hecho todo mecanismo que frustra la observación hay que considerarlo como un ardid de camuflaje sin relación alguna con la naturaleza agresiva o defensiva de su función.

Un artificio de encubrimiento puede ser de dos clases. Puede darse un especial parecido con un fondo determinado como el que presentan los fasmidos (figura 4), el *Phyllium pulchrifolium* (figura 3) y la *Hyla arborea* (figura 5) en los que el aspecto general, detalles de estructura, coloración básica y diseño, todo contribuye a la simulación del paraje por ellos frecuentado. Se encuentran con mucha frecuencia especiales parecidos en animales sedentarios relativamente pequeños — insectos, cangrejos o pequeños peces que habitan entre las plantas acuáticas — en los que un árbol, un montón de algas o un manojo de plantas flotantes proporciona un ámbito suficiente para las necesidades de estos seres.

Seres de mayor tamaño y actividad no presentan en general especiales semejanzas puesto que cuanto más claramente las combinaciones precisas de estructura, diseño y proporción den el parecido de un determinado fondo, por ejemplo, de una hoja, fronda o flor, tanto mayor será la diferencia con otros fondos. La parte más interesante del estudio del encubrimiento animal está en el mecanismo por el cual los animales adquieren su imperceptibilidad en una gran variedad de regiones por ellos habitadas. Excusado es decir que no existe una gama de colores aplicables para todos los fondos, puesto que los más activos animales salvajes están modelados de tal modo que se hacen imperceptibles en la selva y no lo son en cambio delante de un simple árbol de la misma. Del propio modo los animales costeros se adaptan en general a las playas pero no al amparo de determinadas especies de algas.

Hay que hacer hincapié que es inconspicuidad y no invisibilidad lo que es indispensable. La función del camuflaje no consiste en impedir que el animal sea visto por sus víctimas o enemigos sino evitar su reconocimiento. Poco importa el simple proceso bioquímico de la visión: lo que debe prevenirse es la integración de volúmenes de coloración diferentemente iluminados, que constituyen la primera materia de la percepción, en un todo coherente que tenga (usando la expresión del Dr. E. S. Russell) « valencia » para el espectador. No tiene importancia alguna que sean vistas una o muchas partes de un animal siempre que no se las reconozca como pertenecientes al mismo animal. Por ejemplo, la larga línea amarillo-lechosa sobre la *Psammophis subtaeniatus* (figura 6) es bien visible, pero el ojo del observador tiende al seguirla a no fijar la atención en la forma cilíndrica de la culebra misma.

Los contornos característicos de cualquier animal pueden quedar desfigurados gracias a alteraciones estructurales o por diseños que desvían la atención de la estructura básica. En la mariposa *Polygonia c.-album* (figura 7) los bordes exteriores de sus cuatro alas presentan un contorno aserrado muy distinto de la ordinaria suavidad de curvas de las alas de la mariposa, y se echa de ver que en ambas superficies, superior e inferior, el diseño sigue el contorno dentado del borde de las alas. Se ha demostrado que un diseño regular dispuesto paralelamente a un borde tiende a reforzar este último, mientras que colocado formando ángulo agudo con él, tiende a desviar la atención del mismo. Puede verse que en los bordes anterior y posterior de las alas de la *Polygonia* que tienen el contorno de los de una mariposa más normal, los límites de los diferentes elementos del diseño están dispuestos más o menos en ángulo recto con el borde más cercano.

En la blenia común (*Blennius pholis*, figura 1) los principales elementos del diseño están colocados con sus límites en ángulo recto con la línea

longitudinal del pez. Cuando se observa la blenia contra un fondo artificial de arena fina (figura inferior izquierda) es claramente perceptible; pero cuando se la mira contra el fondo moteado de una roca (figura superior), uno se da cuenta de la eficacia del diseño para pasar desapercibido. La blenia no es invisible, pero tampoco es fácil verla, ni aun rápidamente; un animal carnicero no puede permitirse el lujo de malgastar su tiempo en la búsqueda de una presa determinada. En el pez y la mariposa se observa que el diseño de camuflaje se forma más de *tonos* fuertemente contrastados que de *colores* en fuerte contraste. Los contrastes de tono — contrastes de claro y oscuro — son efectivos a mucha mayor distancia que los contrastes de color, y son los primeros los empleados para desviar la atención del observador de la estructura básica. En la *Psammophis* su línea crema queda puesta de relieve por las líneas oscuras extendidas a los lados de la misma. Un agudo contraste de tono como el de las cuatro listas pálidas a lo largo de la espalda de la agachadiza (figura 8) produce la ilusión de que las zonas pálidas se levantan por encima de las zonas más oscuras, con lo cual se desfigura la verdadera continuidad estructural. Así mismo la terminación abrupta de las listas pálidas ayuda a desviar la atención de los límites estructurales. Los diseños que tienden a desorientar la atención de los contornos del objeto se les denomina diseños disruptivos.

Es digno de tenerse en cuenta que en muchos animales los detalles del diseño son escasamente discernibles a distancias para las que la coloración es medio eficaz de ocultación. Los matices claros y oscuros se combinan en un solo tono del propio modo como los elementos del color, luz y sombra del fondo se confunden en una sola resultante de color y sombra. Sin embargo, el camuflaje con un solo tono se emplea nunca, o raramente, cuando el diseño deba tener eficacia en un fondo de pocas variantes. Los claros y oscuros van dispuestos en contiguidad cerrada y la combinación de tono y de color que se percibe cuando se las observa a pequeña distancia tiene una luminosidad imposible de conseguir mediante un matiz sencillo.

El color y el tono que se adaptan al matiz general de un fondo no son suficientes para desfigurar o encubrir un cuerpo sólido cuando la iluminación no es uniforme, como en los espacios abiertos. La apariencia de solidez que resulta de la claridad en las superficies sobre las que cae la iluminación, y la sombra en las mismas donde la propia masa del objeto impide la llegada de la luz, es siempre suficiente para hacer sobresalir en relieve el objeto, aun cuando en otros sentidos pueda hermanarse bien con el fondo. El « contramatizado », artificio por el cual los efectos de la luz fuerte son reducidos a su mínimo, se encuentra en gran variedad de grupos animales — en mamíferos, aves, peces, reptiles y en muchas orugas. Su finalidad es hacer que aparezca plano un objeto que en realidad es de forma cilíndrica o subcilíndrica, y asi retardar o prevenir una vez más, no la percepción del objeto, sino su reconocimiento. La apariencia relativamente poco voluminosa del lucio (*Esox lucius*) presentado en la figura 2 pone de manifiesto la actuación del contramatizado.

El artificio del contramatizado es sumamente sencillo. La superficie dorsal sobre la que cae normalmente la iluminación máxima es de tono muy oscuro, con frecuencia casi negro a lo largo de su línea media. La superficie ventral sobre la que la luz no cae normalmente es blanca o plateada y los flancos presentan una gradación de tonos desde los oscuros en la parte superior a los pálidos en la región inferior. Los efectos de tal disposición son fáciles de comprender. Las zonas iluminadas a lo largo de la espalda quedan contrarrestadas por los tonos oscuros que allí se encuentran. La sombra a lo largo del vientre es menos densa por estar extendida sobre una superficie pálida; la gradación de sombras en los flancos se hace menos perceptible por la variación de tonos de la superficie sobre la que se extiende la gradación. En la blenia sobre la arena (figura 1) se observa que el vientre no aparece perceptiblemente más oscuro de tono que la espalda, a pesar de haber una intensa luz desde arriba. El contramatizado en combinación con un diseño disruptivo es suficiente para dar a una superficie curva las apariencias de ser más o menos plana.

En algunos animales que viven habitualmente vientre arriba — la larva de la alevilla, *Smerinthus ocellatus*, y uno de los peces « gato » del Nilo, *Synodontis batensoda* — la coloración presenta un contramatizado, pero los tonos oscuros están en el vientre (la superficie iluminada). No se precisan más fuertes argumentos en favor del significado de la adaptabilidad del contramatizado, pero existe además la prueba experimental del poder de la apariencia de solidez como factor de reconocimiento. Nice y Ter Pelwyk (*The Auk*, **38**, 195–214, 1941) han demostrado que el croquis de una lechuza sobre un cartón no es motivo de alarma para el pajarito cantor *Melospiza melodia* a no ser que esté de tal modo diseñado que tenga todas las apariencias de relieve.

FIGURA 1 – *La blenia común* (Blennius pholis). *Grupo de tres blenias comunes mostrando una combinación de contramatizado y de diseño disruptivo.*

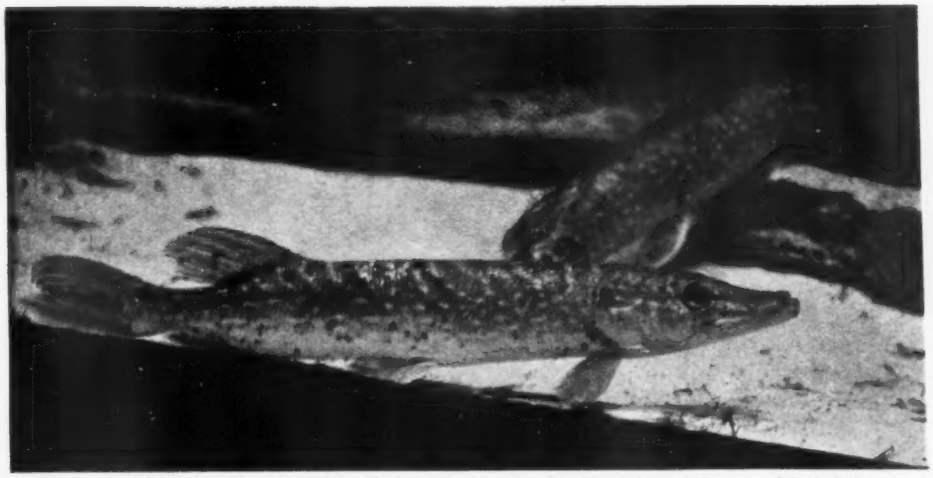


FIGURA 2 – *El lucio* (Esox lucius). *Presenta una reducción de sombra en la superficie inferior como resultante de un diseño contramatizado.*

FIGURA 3 – Phyllium pulchrifolium. *Presenta la especial semejanza protectora de un insecto con las hojas.*

FIGURA 5 – Hyla arborea *ilustrando la semejanza protectora de un vertebrado con las hojas.*

FIGURA 4 – Phasmidae *presentan la especial semejanza protectora de los insectos con los tallos.*

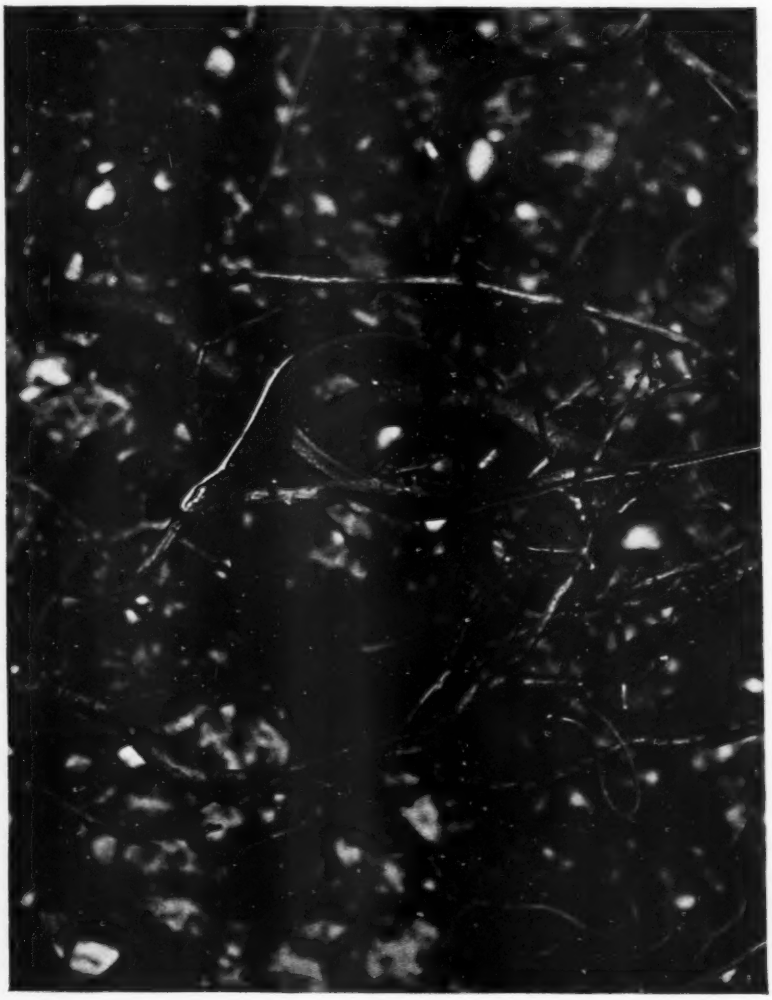


FIGURA 6 – *Línea larga de la culebra* Psammophis subtaeniatus, *ilustrando el uso de una mancha de color claro para desviar la atención de la estructura básica.*

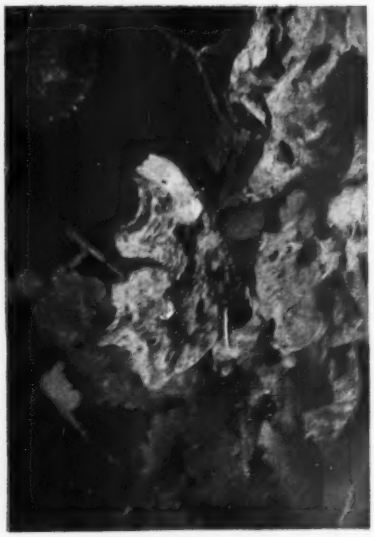


FIGURA 7 – *La mariposa «coma»* (Polygonia c.-album). *Las superficies superior e inferior de las alas de esta mariposa presentan el diseño siguiendo los bordes irregulares y en ángulo agudo con los bordes suaves.*

(*Fot. de S. Beaufoy. Reproducida de la obra* Butterflies, *por E. B. Ford, con permiso de Wm. Collins and Adprint Ltd.*)

FIGURA 8 – *La agachadiza común* (Capella gallinago). *Esta agachadiza en el nido presenta una coloración destinada a proveerle de un camuflaje en regiones pantanosas, en combinación con el efecto disruptivo de las listas pálidas a lo largo de la espalda.*

(*Reproducida de* Birds in Colour, *por Walter E. Higham, con permiso de Wm. Collins and Adprint Ltd.*)

Es digno de mencionarse que algunos animales dotados de poderoso armamento (la mofeta, por ejemplo) tienen una coloración que es la antítesis del contramatizado, siendo blancos o claros en la parte superior y oscuros en la inferior. Tales especies no necesitan esconderse sino que por el contrario sacan partido de la ventaja biológica de poder enarbolar la bandera del *nemo me impune lascessit*. Una forma curiosa del camuflaje animal es conocida por los zoólogos con el nombre de mimetismo Batesiano. En esta forma de engaño un animal raro y sabroso imita la coloración de uno vulgar e insípido: el diseño del ejemplar insípido es de tipo preventivo y lo hace más bien fácil que difícil de percibir, y las especies imitadoras parten de la coloración normal de este grupo para participar de las ventajas de esta prevención o aviso. Claramente los animales que usan tal subterfugio son siempre menos numerosos que sus modelos, pues parece probado que los animales jóvenes aprenden a evitar los alimentos desagradables, por lo menos en parte, por la experiencia y el escarmiento, y el aviso llamativo de la coloración no tendrá ningún valor a no ser que la mayoría de los animales que la ostentan sean de hecho nauseabundos.

Se habrá podido observar que los mecanismos de encubrimiento están esencialmente adaptados al fondo en el que deben ser efectivos. En muchos casos un animal con un diseño a propósito para el encubrimiento en un paraje determinado debe hacer algo más que presentar colores y tonos convenientes extendidos en forma capaz de desviar la atención de sus propios contornos estructurales y su asimilación con el fondo. Además de esto, la conducta del animal debe amoldarse a la finalidad de explotar por completo sus posibilidades deceptivas. El alcaraván (*Botaurus stellaris*) extiende su cuello y pico hacia arriba para que las listas longitudinales de su pechuga y garganta sean una réplica de los claros y oscuros dispuestos verticalmente de los juncales entre los que se esconde. El pintado alcaudón (*Hemipus picatus leggei*) se agacha en su nido, inmóvil con el pico hacia arriba, asemejándose en su colchón moteado al nudo de un tronco (W. W. A. Phillips, *Ibis*, **xiv**, 5, 450–4, 1940).

Una objeción que ha sido frecuentemente presentada contra las teorías de la función encubridora de la coloración animal es que el animal debe permanecer inmóvil para que su diseño surta efecto. Todo lo más, esto es verdad únicamente en parte. Una mariposa de brillante amarillo de azufre, la *Gonopteryx rhamni*, es más perceptible en un bosque durante el mes de marzo que la pequeña *Aglaia urticae* color de carey que vuela en la misma época. Pero aun dando por supuesto que todos los animales en movimiento sean igualmente visibles, la objeción no pasa de ser trivial por cuanto el diseño ha sido desarrollado para proveer de protección al animal en los períodos en que se ve precisado a permanecer estacionario.

Algunos de los más perfectos ejemplos de la combinación de diseño y comportamiento para conseguir el efecto máximo del camuflaje se encuentra en las polillas geométricas. En varias especies como la *Eucosmia certata* y la *Hybernia leucophaearia* (H. B. Cott, *Adaptive Coloration in Animals*, Londres, 1940), las alas ostentan un diseño en el que predominan los elementos lineales, dispuestos de modo que cuando la mariposa descansa forman ángulo recto con el eje mayor del cuerpo. En las alevillas de tal presentación la posición ordinaria de descanso es con el cuerpo horizontal, postura que coloca las listas dominantes del diseño sobre las alas en línea con las grietas verticales y las abolladuras de la corteza de los árboles sobre los que descansan de ordinario. Otra posición cualquiera colocaría el patrón de las alas cruzado con la dirección del diseño del fondo haciendo de la mariposa un objeto relativamente perceptible. Según ha señalado Cott (*op. cit.*) la alevilla africana *Xanthopan morgani* tiene el diseño sobre las alas cerradas dispuesto paralelamente al eje mayor del cuerpo; esta polilla descansa habitualmente con el cuerpo vertical y no horizontal, de este modo el *Xanthopan* coloca su patrón en corecta alineación con las grietas verticales de las casuarinas sobre las que descansa. Es un comportamiento diferente del de las geométricas, pero el resultado es idéntico.

No sólo en el reposo el comportamiento se combina con el diseño y la coloración para el engaño. El pez carnicero *Monocirrhus polyacanthus* se asemeja a una hoja mojada, en figura y color, pero además al acercarse a su víctima se mueve despacio y vacilante, inclinándose a uno y otro lado como una hoja arrastrada y arrollada por la corriente (H. B. Cott, *op. cit.*). Lo mismo que en otros muchos casos de camuflaje animal, la figura, el color y el comportamiento se combinan todos para hacer imperceptible el animal, y no realmente invisible. El animal que ni llama la atención de sus enemigos ni alarma a sus víctimas ha dado un gran paso en el camino de una evolución satisfactoria.

Métodos científicos para la restauración de las pinturas

IAN RAWLINS

Hace unos dos años tuvo gran prominencia en los diarios la cuestión de la restauración de ciertas pinturas de la *National Gallery* de Londres, nombrándose una comisión de investigación la cual, más tarde, publicó un detallado informe. En el presente artículo nos proponemos dar un resumen objetivo, y desde un punto de vista distinto, de los procedimientos técnicos empleados en el curso de tal investigación. Con tal limpiado no se causó daño alguno a las pinturas.

Durante el verano de 1947 la Junta de Administración del Museo Nacional de Londres nombró un comité confidencial de investigación para establecer « una revisión crítica de los métodos y materiales empleados en el Museo para la restauración de las pinturas . . .» Al cabo de pocas semanas las deliberaciones del comité junto con sus decisiones fueron sometidas a la Junta y más tarde publicadas (hoy conocidas con el nombre de Dictámen Weaver) para consulta general. El comité estaba constituído por las personas siguientes: Dr. J. R. H. Weaver, Presidente del *Trinity College* de Oxford (presidente), Mr. G. L. Stout, Jefe del Departamento de Conservación e Investigación del *Fogg Art Museum*, Universidad de Harvard, Estados Unidos (en la actualidad Director del Museo de Arte de Worcester, Massachusetts) y el Dr. P. Coremans, Jefe del Laboratorio Central de los Museos Nacionales Belgas. El Dr. Weaver ha publicado ya un sumario de los puntos más importantes y conclusiones establecidas. (Véase *The Times*, del 8 de Mayo del 1948.)

Al comité le fueron sometidas diez pinturas, una de cada uno de los pintores Constable, Koninck, Rembrandt y Velázquez, y seis de Rubens.

El comité ha dado al mundo de los restauradores de museos, así como a los amantes del arte, un documento de valor único y al mismo tiempo un modelo de estudio objetivo en un campo de particular dificultad.

Para poder comprender los problemas del limpiado hay que poseer primeramente ciertos conocimientos sobre la mecánica de las pinturas. Esta es una materia relativamente moderna, la cual tiene por objeto el estudio de todas las fuerzas y deformaciones (sea cual sea su origen) a que una pintura, concebida como un sistema de láminas íntimamente unidas, está expuesta. Desde dicho punto de vista, el limpiado es sólo una faceta — aunque ella sea la más importante — de toda la doctrina conocida comunmente con el nombre de restauración. La estructura laminar es un sistema cuaternario que comprende: (i) el soporte, (ii) la base, (iii) la capa de pintura, y (iv) la película superficial. La restauración está relacionada con todas ellas en tanto que el limpiado sirve, en general, para indicar la eliminación de las películas superficiales y su substitución por una de nueva. Intencionadamente nos referimos a las películas en plural, ya que con frecuencia se encuentran los restos de diferentes capas, fragmentos de una capa primitiva enlazada con los intersticios de la pintura o sea con la película de la propia pintura.

Aparte de las consideraciones estéticas, una película resinosa oscurecida ha de ser eliminada debido a que, por su contracción bajo la acción del tiempo, es una amenaza para la capa de pintura de debajo. Las fuerzas de contracción son capaces de arrastrar las partículas de pintura desde su propio lugar, y en caso de no poner fin a tal acción la película de pintura queda literalmente desmoronada. Este es un ejemplo localizado de la mecánica de las pinturas, completamente distinto de la expansión y contracción del soporte, que es la causa de laminillas y descortezamientos.

Resulta fácil comprender que el hecho de que los barnices viejos y amarillentos puedan ser decolorados de nuevo ofrezca cierto interés, pero ello es de poco valor por la razón siguiente. Las gruesas capas de barniz han de ser removidas no tanto por su opacidad parcial y distorsión cromática como porque constituyen una amenaza para las capas inferiores. Su eliminación es, pues, esencial para la sobrevivencia de la pintura.

LAMINA I – *Fotografía sobre película pancromática del cuadro « La Mujer en el Baño » de Rembrandt, antes de su limpiado.*

LAMINA II – « *La Mujer en el Baño* » *fotografiada con luz ultravioleta filtrada, durante su limpiado en* 1946. *Las capas de previos barnices oscurecidos son visibles en* (a) *y* (a^1). *La ausencia característica de fluorescencia de la pintura sobrepuesta puede verse en* (*b*) *y* (*c*).

LAMINA III – *Una fotografía con rayos X de « La Mujer en el Baño » tomada en 1927 que muestra el estado de la pintura original. En (a) puede verse una antigua grieta. Un arrastre irregular de la pintura durante su aplicación original aparece en (b).*

LAMINA IV – *Esta fotografía de « La Mujer en el Baño » tomada a principios de 1947 después de su limpiado muestra la estratificación de la pintura. La capa de base puede verse en b^1 y una discontinuidad de la pintura en b^2.* (× 4)

LAMINA V – *Fotografía de* « Le Chapeau de Paille », *de Rubens, antes de su limpiado. En (a) puede verse una grieta vertical; en (b) se puede ver el fondo por ser muy ténue la capa de pintura.*

LAMINA VI – *Fotografía de* «Le Chapeau de Paille» *bajo luz infrarroja. Se puede observar una antigua capa de pintura azul sobre verde en (a), azul sin verde debajo en (b), gris verdoso sobre azul y sobre verde en (c), el modelado inferior de la mano izquierda en (d) y los dedos de la mano derecha y la manga en (e).*

LAMINA VII – *Esta ilustración muestra como el microscopio es capaz de hacer resaltar los efectos de profundidad en la película de pintura empleando iluminación periférica.* (× 35)

Las investigaciones deberían ser orientadas hacia el descubrimiento de un barniz que por la acción del tiempo no se contrajera ni obscureciera, o que si así lo hiciese fuera posible restablecer su elasticidad. En lenguage físico-químico esto involucra, probablemente, una reorientación completa en la estructura tridimensional que tales películas se suponen poseer. No se sabe todavía si la rigidez (sujeción de la capa de pintura inferior) ocurre en las « articulaciones » o si los enlaces intermoleculares tienden a encojerse y sujetan así la película de pintura de manera semejante a una mordaza. En la actualidad lo único que cabe hacer es disolver la película superficial — en general con acetona — y substituírla con una preparación de almáciga, la cual podrá permanecer en buen estado por unos cincuenta años, cuando a su vez, deberá reemplazarse por una nueva capa. La almáciga es la mejor capa protectora conocida, debido a su solubilidad en un disolvente innocuo para la capa de pintura inferior.

Miguel Faraday era ya conocedor del hecho de que ciertos medios en los cuales están incorporados los pigmentos contienen una pequeña cantidad de resina. En tales casos hay que proceder al limpiado con sumo cuidado, ya que la acción del disolvente puede penetrar en la superficie de contacto entre barniz y pintura con desastrosos resultados. Afortunadamente, la solubilidad en los disolventes orgánicos de las películas de óleos secos queda muy reducida por la presencia del pigmento, y de esta manera el factor de seguridad es mayor que en los ensayos industriales, en los cuales la acción de los disolventes orgánicos sobre películas de linoxina ha sido estudiada cuando el pigmento está ausente.

En general, y en lo que es compatible con la seguridad, es conveniente separar toda traza de barniz viejo, ya que el más pequeño remanente no sólo desfigura la pintura sinó que puede ser causa de imbibición e hinchazones cuyos cambios de volumen afectan a la pintura. La presencia de cuerpos resinosos en las diferentes fases del limpiado puede revelarse, con luz ultravioleta filtrada, por su fluorescencia lechosa caraterística. Este método de control ha pasado a ser de uso ordinario en el laboratorio de la *National Gallery*. Puede notarse que la mecánica de las pinturas se refiere a mucho más que al simple encojimiento y dilatación a que son propensas las substancias coloidales, tales como la madera y otros materias celulósicas; de hecho incluye las reacciones microscópicas que tienen lugar entre las partículas y las fases en las diferentes capas de pintura.

Teniendo, pues, presente los principales aspectos de la anatomía de las pinturas podremos explicarnos el empleo en el laboratorio de diferentes radiaciones electromagnéticas y describir su aplicación sobre dos ejemplos específicos, de entre las diez pinturas mencionadas anteriormente, o sean « La mujer en el baño » de Rembrandt (1606–69), N.G. No. 54, y « Le Chapeau de Paille » de Rubens (1577–1640), N.G. No. 852. En parte mencionamos estas dos pinturas por su importancia en la colección nacional, pero más especialmente porqué muestran el poder de los métodos ópticos para dar explicación a nuestros conocimientos sobre la estructura de las pinturas y sus modificaciones en el curso de la historia.

La lámina I es una fotografía pancromática de la pintura completa (No. 54). Fué obtenida en Mayo del 1945, más de un año antes de su limpiado. La capa de pintura es una mezcla rica en óleo; las capas superiores son más pobres y sobre ellas hay ricos barnices. La lámina II muestra la misma pintura bajo luz ultravioleta filtrada, durante su limpiado en 1946. Las capas de barniz superficial obscurecido pueden verse en *a* y a^1. La falta de fluorescencia característica puede notarse en la pintura sobrepuesta en *b* y *c*. Una radiografía tomada en 1927 muestra la condición de la pintura original (lámina III). Una antigua grieta aparece en *a*. Un arrastre irregular de la pintura durante su aplicación original se puede notar en *b*. La lámina IV y la figura 1 (principios de 1947), son ejemplos de estratigrafía o estudio tridimensional del mismo sujeto. La primera, una macrografía (× 4), muestra la mano derecha y la muñeca después del limpiado. Bajo el color de carne se ve la primera capa de preparación (b^1). Este reducido aumento muestra el carácter flúido o corrimiento (característica reológica) de la pintura original en la muñeca (b^2). Estas imágenes de reducido aumento han tenido un creciente valor tanto en la presente investigación como en el trabajo ordinario de control llevado a cabo en el laboratorio.

A primera vista la figura 1 puede aparecer algo extraña. Representa (de manera idealizada) unas secciones escogidas de las fases ilustradas en la lámina IV. En orden de arriba a abajo, *a* es una sección según la línea de una pincelada, mostrando el borde elíptico causado por la tensión superficial γ del medio flúido. El grueso de la pintura sirve de medida de la propiedad de alisamiento y es sensible a influencias

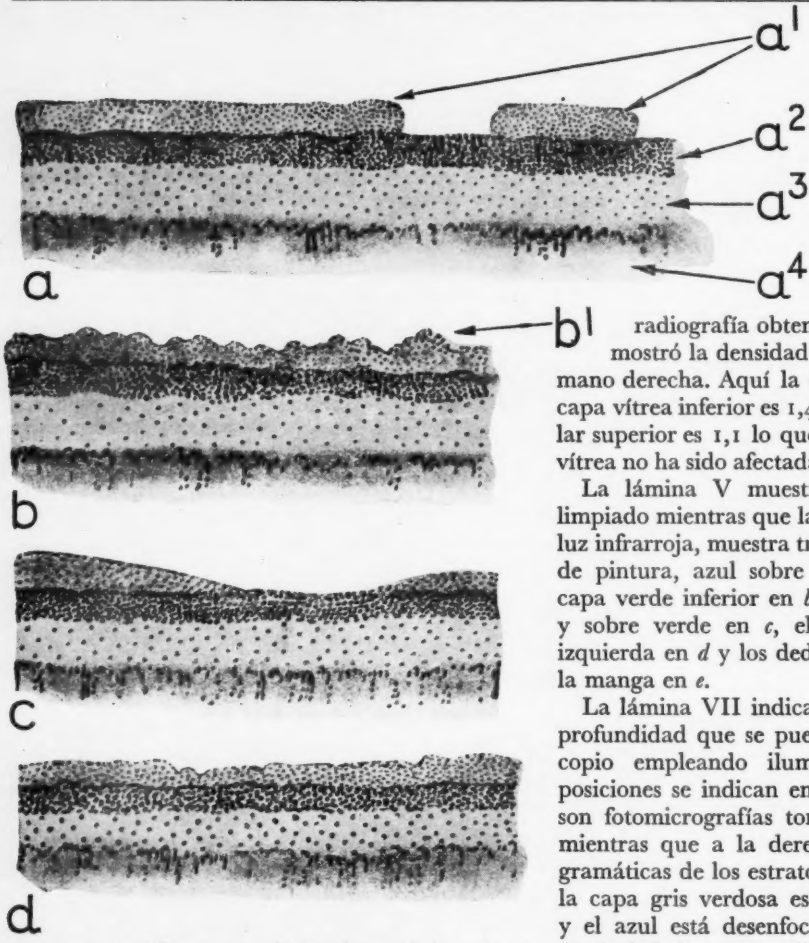


FIGURA 1 – *Diagrama que indica algunas de las secciones escogidas entre las fases ilustradas en la lamina IV.*

tixotrópicas,[1] y a igualdad de condiciones varía en razón inversa a la tensión superficial. El secado de la pintura es un efecto de superficie pero no de masa, lo que hace difícil seguir paso a paso las transformaciones. Finalmente, en el diagrama, a^2 es la capa de pintura inferior, a^3 la base y a^4 el soporte, en este caso probablemente roble.

El diagrama *b* es una sección a través de una pincelada, la cual muestra las huellas producidas por los pelos del pincel.

Si ha tenido lugar desgaste o erosión alguna entonces las vertientes hacia los « valles » aparecen completamente diferentes que en *a*. En *d* podemos ver como las pinceladas son alisadas; nótese la desaparición de las pequeñas crestas.

La pintura de Rubens « *Le Chapeau de Paille* » ofrece un problema distinto; fué limpiada el verano de 1946, y la pintura es de estructura de aspecto vítreo. Una radiografía obtenida después del limpiado mostró la densidad en la región cercana a la mano derecha. Aquí la densidad *fotográfica* de la capa vítrea inferior es 1,4 y la de la pintura granular superior es 1,1 lo que demuestra que la parte vítrea no ha sido afectada.

La lámina V muestra la pintura antes del limpiado mientras que la lámina VI obtenida con luz infrarroja, muestra trazas de una antigua capa de pintura, azul sobre verde en *a*, azul sin la capa verde inferior en *b*, gris verdoso sobre azul y sobre verde en *c*, el modelado de la mano izquierda en *d* y los dedos de la mano derecha y la manga en *e*.

La lámina VII indica los aspectos relativos de profundidad que se pueden lograr con el microscopio empleando iluminación periférica. Las posiciones se indican en la parte superior: *a* y *b* son fotomicrografías tomados con 35 aumentos, mientras que a la derecha hay las formas diagramáticas de los estratos correspondientes. En *a* la capa gris verdosa está propiamente enfocada y el azul está desenfocado; en *b* (izquierda) el verde inferior está enfocado mientras que en *b* (derecha) el que está enfocado es el azul de la parte superior. En estos casos la verdadera diferencia en la profundidad vertical, después de tener en cuenta el índice de refracción del medio, es del orden de 0,02 mm. Estas observaciones han traído consigo un conocimiento más profundo de la técnica del maestro y permiten afirmar que la insinuación de que la capa de fondo original había sido destruída con el limpiado carece de fundamento.

En fin, es satisfactorio constatar el hecho de que el comité confidencial de investigación pudiera informar que « ninguna de las pinturas examinadas mostraba evidencia de pérdida de pintura original u otro daño alguno a consecuencia del reciente tratamiento. »

[1] La tixotropía es la propiedad de liquefacción que poseen ciertos geles al ser agitados, revertiendo a su estado normal al quedar en reposo.

Todas las ilustraciones por cortesía de la Junta de Administración del *National Gallery*.

La bacteriología de los lagos

CHARLES B. TAYLOR

Aun cuando se han investigado detenidamente ciertos aspectos de la bacteriología de las aguas corrientes, a causa de su importancia en relación con la salud pública, sus principios fundamentales no han recibido la atención que les era debida. Los fundamentos de este estudio fueron establecidos por el pionero británico Percy Frankland en el último tercio del siglo XIX, pero sólo recientemente ha renacido el interés en los problemas relativos a la multiplicación de las bacterias en el agua, su metabolismo y su relación con otros organismos.

A principios del siglo XIX la potabilidad del agua, caso de ser investigada, se evaluaba corrientemente en razón del contenido de materia orgánica. Frankland y sus contemporáneos crearon con su trabajo los fundamentos de los métodos bacteriológicos modernos para descubrir las contaminaciones fecales y relegar a segundo término la experimentación química existente. Mucho del trabajo reciente se ha encaminado al desenvolvimiento de ensayos más perfectos y delicados con el propósito — hasta el presente no satisfecho — de diferenciar en el hombre, mamíferos y aves los tipos del *Bacterium coli* que en número crecido pulula en la excreciones y es por lo tanto un indicador de contaminación fecal. La concentración del esfuerzo en los problemas prácticos del agua contaminada dió por resultado el descuído de las investigaciones de los principios fundamentales que regulan la multiplicación real de las bacterias en el agua, sus actividades bioquímicas y el papel que tienen en la conservación de otras formas de vida en las aguas corrientes.

FIGURA 1 – *Percy Frankland.*

Los más modernos sistemas para el abastecimiento de agua o bien suponen grandes depósitos de reserva o utilizan como manantial los lagos naturales. Al considerar la bacteriología del agua, poco importa que ésta esté contenida en depósitos naturales o artificiales puesto que en ambos casos las condiciones generales son parecidas. Un lago no es meramente una botella de agua de enormes dimensiones sino que es un intrincado sistema en el que los factores bióticos, físicos y químicos de gran complejidad varían considerablemente. En el transcurso del tiempo la productividad de un lago invariablemente tiende a aumentar por razón del relleno constante de productos nutritivos acarreados por los ríos tributarios. Poco se conoce en detalle de la parte que corresponde a las bacterias en tales sistemas hidrográficos o de los cambios bioquímicos que se originan en el agua antes de que llegue al consumidor o desemboque en el mar. Hay tres zonas distintas y sobrepuestas de actividad bacterial en todo grande depósito de agua: la de agua libre de vida animal o vegetal; la del plankton con ambas formas de vida, y por último la del légamo y otros sedimentos en el fondo del lago.

Durante los meses de invierno, de no mediar una cubierta de hielo, sopla el viento en general lo suficiente para mantener libremente en circulación las aguas de un lago, una igual distribución de la temperatura a través de la masa de agua, y la saturación del oxígeno disuelto (figura 5). Tal sistema permite los procesos oxidativos en la superficie del légamo, y los productos de descomposición son transportados a las capas superiores del agua para beneficio del plankton y bacterias. Durante el invierno, no obstante, las bajas temperaturas restringen inevitablemente la intensidad de la actividad bacterial. En verano, por efecto del aumento de la radiación

FIGURA 2 – *Derwentwater, mirando hacia Borrowdale. Lago poco profundo (profundidad máxima: 26 m.) con los aldrededores típicos de muchos lagos del Lake District de la Gran Bretaña.*

FIGURA 3 – *Derwentwater, mirando al norte; puede verse el Skiddaw. En primer término juncales incluyendo el* Phragmites.

FIGURA 4 – *Rydal Water. Vista tomada en el extremo sur y cerca de la salida (río Rothay). Este es un pequeño lago superficial con una profundidad máxima de 16 m. afluyendo en el Windermere. Mezcla de eneas, juncos y lirios de agua en primer término.*

solar, sube la temperatura en la superficie de las aguas de un lago, y la diferencia resultante en su densidad da lugar a la formación de dos capas distintas de agua, una superior o « epilimnion » y otra inferior más fría o « hipolimnion ». La zona de transición entre ambas capas recibe el nombre de « termoclina ». En lagos abiertos y poco profundos la estratificación termal es transitoria, pero en los lagos profundos y menos expuestos puede convertirse en estable. En el último caso las actividades bacteriales en la superficie del légamo, y hasta cierto punto en la capa inmediata superior, causan que el oxígeno del hipolimnion se reduzca progresivamente, ya que el acopio de arriba ha sido descontinuado; en las inmediaciones de la superficie del légamo las condiciones pueden transformarse en anaeróbicas. Por otro lado, los movimientos del agua en el epilimnion varían amplia y frecuentemente como consecuencia de los cambios de factores como el viento, la temperatura atmosférica, la de los ríos tributarios y de la lluvia, y la de las aguas del lago. Las figuras 6 y 7 ilustran las diferentes condiciones desarrolladas en el epilimnion y el hipolimnion.

La concentración de las substancias químicas disueltas en un lago se ve influenciada primariamente por la cantidad de acarreo y la cantidad consumida por el fitoplankton, y en mucho más pequeña escala por las bacterias. La concentración de algunas substancias puede quedar reducida por el crecimiento de ciertas algas hasta el punto que no pueda mantenerse su población siempre en aumento; el crecimiento de la diatomea *Asterionella*, por ejemplo, queda limitado por el abastecimiento de sílice, su esencial principio nutritivo. En todo caso la concentración de productos químicos disueltos esenciales para el crecimiento de las bacterias es extremadamente pequeña en la mayoría de las aguas lacustres.

Siendo un lago el receptáculo de todos los diferentes tipos de bacterias arrastrados por la lluvia desde la atmósfera o desde la cuenca colindante, es imposible determinar en las muestras de agua analizadas si los tipos que viven en el medio utilizado son indígenas del lago o son los supervivientes de acarreos exteriores que con el tiempo encontrarían desventajosas las condiciones para una existencia prolongada. Los resultados de los análisis de las aguas del lago Windermere indican que, excepción hecha después de lluvia torrencial, las bacterias presentes son indígenas en su mayoría y capaces de proliferación en las aguas

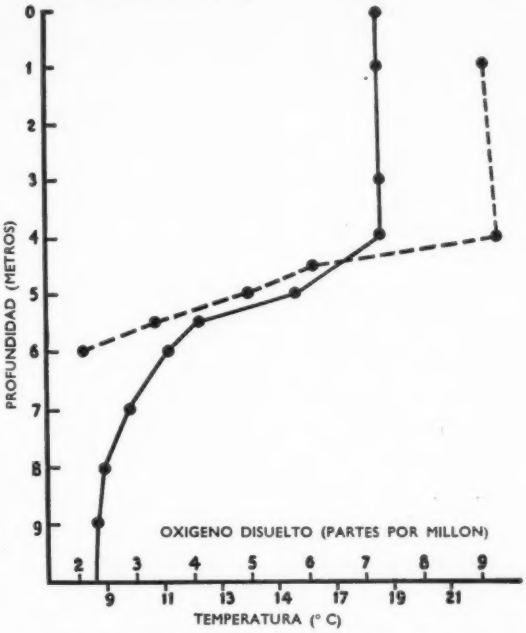


FIGURA 7 – *Blelham Tarn (Lancashire). Temperaturas (línea sólida) y concentraciones de oxígeno disuelto (línea de trazos) a diferentes profundidades durante el período de estratificación* (8 *de Agosto de* 1947).

FIGURA 5 – *Diagrama de la circulación completa del agua de un lago durante el invierno.*

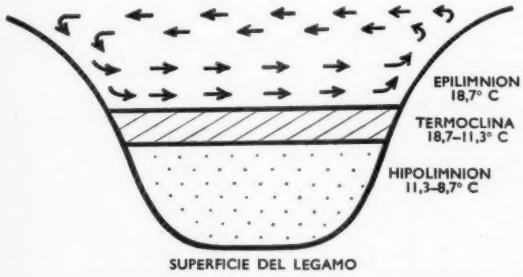


FIGURA 6 – *Diagrama de la estratificación de las aguas en un lago durante el verano.*

del lago. Desde luego tales tipos pueden también incluir algunos que se encuentran en la tierra y en otras partes. Es un hecho que los aguaceros son el gran medio para el incremento de considerable número de bacterias en el agua. Ello es debido hasta cierto punto a los organismos del suelo que penetran en el lago y también a los estimulantes del crecimiento, como el acarreo de substancias nutritivas, al aumento de oxigenación producido por los golpes de la lluvia sobre la superficie del lago, y posiblemente también a la perturbación de las capas superficiales por causas puramente mecánicas. Durante la estratificación que tiene lugar en verano, las bacterias del hipolimnion disminuyen en número y no son afectadas por ningún agente exterior, a no ser lo suficientemente enérgico para destruir o alterar la estratificación. Los experimentos realizados en el lago Windermere en un período de más de un año pusieron en evidencia la rápida desaparición de las bacterias fecales ingresadas en el lago desde el contaminado río Rothay, su principal tributario. Así el promedio del recuento del *Bact. coli* en la afluencia más importante por debajo del desagüe del alcantarillado de la población fué de 43,000 por 100 cm.^{3}; después de su confluencia con el Brathay a 500 m. de la boca del río era de 15.000 por 100 cm.^{3}; dentro del lago y a una distancia de 170 m. de la desembocadura era de 1.400 por 100 cm.^{3}; a 400 m., solamente 330 y a 3.500 m. fué de 20 por 100 cm.^{3} (figura 8).

Las actividades de las bacterias en el agua no están bien especificadas. Son capaces de proliferación en el ambiente escasamente nutritivo que se encuentra en las aguas lacustres y en general su población está en razón directa con la concentración de substancias químicas disueltas y la productividad del lago. Estas bacterias pertenecen a dos grandes tipos nutricionales, no específicamente diferentes. Las bacterias autotróficas son capaces de abastecerse de carbono extrayéndolo del anhídrido carbónico disuelto, y adquieren su energía de la oxidación de substancias inorgánicas como el hierro, azufre o nitrógeno. Las bacterias heterotróficas dependen del carbono de la materia orgánica ya existente. Algunos organismos se adaptan estrictamente a un solo tipo de nutrición; otros en cambio son facultativos. De contarse con nitrógeno y fósforo disponibles junto con pequeñas cantidades de otras substancias esenciales, el crecimiento de las bacterias depende por un lado de la cantidad de materia orgánica aprovechable y por otro de la abundancia de algunas substancias inorgánicas

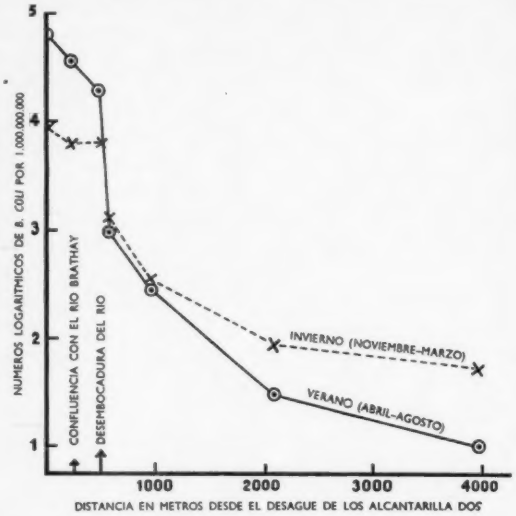


FIGURA 8 – *Promedio semanal en el número de* Bacterium coli, *indicador de la contaminación fecal encontrado a distancias crecientes del desagüe de las alcantarillas en el río Rothay (línea de trazos: meses de invierno; línea sólida: meses de verano).*

oxidables. De los trabajos llevados a cabo se desprende que parte de la materia orgánica arrastrada desde una cuenca es aprovechable fácilmente y descompuesta con rapidez, pero la restante se muestra refractaria a la acción de las bacterias y en consecuencia desaparece muy despacio. La simple adición de substancias inorgánicas adecuadas no produce necesariamente la iniciación de un gran desarrollo de bacterias autotróficas, puesto que otras condiciones específicas parecen ser indispensables. Existe, por ejemplo, pruebas cada vez mayores de que la nitrificación es un fenómeno superficial y por tanto dependiente de la presencia de una materia determinada.

Se conoce muy poco acerca de la afinidad de las bacterias con los animales y vegetales del plankton, pero hay prueba suficiente para justificar ciertas suposiciones. Las algas como productores primarios de materia orgánica en el agua de un lago constituyen un manantial posible de alimento para las bacterias; parte de su substancia, como el esqueleto silícico de las diatomeas, puede ser totalmente inaprovechable, pero por otro lado los compuestos polisacáridos encontrados en las cápsulas mucosas que recubren ciertos tipos de algas son de fácil aprovechamiento por su descomposición. Puede evidenciarse la

presencia de substancias pécticas en ciertos tipos de algas, bien por métodos de coloración, bien por análisis químico, y así parece probable que parte de la célula del alga muerta pueda ser rápidamente descompuesta por las bacterias en el agua. Los procesos sobre materia orgánica más resistente continúan después de la sedimentación de la célula en el fondo del lago. Existe además la posibilidad de una afinidad simbiótica o parasítica entre algas y bacterias. Algunas algas pueden excretar amino-ácidos y de ser esto así cabe la probabilidad de que las bacterias encuentren que la proximidad de la célula algácea es particularmente favorable para su crecimiento. Existe así mismo la tercera posibilidad de que algunos tipos de bacterias cuya prolongada existencia depende de un lugar de abrigo, encuentren acomodo temporal en las células muertas de las algas. La experimentación pone en claro que hay por lo menos una mayor población bacterial en una muestra concentrada de plankton que en el agua original de donde se tomó la muestra. Hay que poner en claro todavía la inter-afinidad del zooplankton y las bacterias en una gran masa de agua. Experimentos sencillos de laboratorio demuestran que muchos tipos de animales, como los rotíferos, que se alimentan de partículas, pueden ingerir células bacteriales en grandes cantidades.

Parece probable que la superficie del légamo de un lago sea el lugar más apropiado para la actividad microbiológica del complejo agua-plankton-légamo. El número de bacterias en el légamo, precisado por el recuento microscópico, es tan elevado como el encontrado en las tierras de jardín, y se ha constatado que habiendo suficiente oxígeno en la capa inmediata superior de agua los procesos biológicos comunes que tienen lugar en las tierras ocurren también en el légamo. Esto no es de extrañar en vista del hecho de que existe una deposición constante en la superficie del légamo de células del plankton parcialmente descompuestas, sedimentos de acarreo, materia inorgánica, y con frecuencia a principios de invierno considerables depósitos de hojas. Es obvio que la naturaleza del terreno colindante, sea forestal, de cultivo o rocoso, junto con la densidad y el tipo de plankton en el agua influyen directamente en la naturaleza de los sedimentos. En condiciones aeróbicas la materia orgánica se transforma en amoníaco, y éste por oxidación pasa a nitrato. Los compuestos orgánicos sulfurados se convierten por oxidación en sulfatos y el fósforo inorgánico es regenerado en una forma aprovechable. En lagos relativamente profundos como el Windermere se mantienen siempre las condiciones aeróbicas y se supone que la velocidad de las varias reacciones bioquímicas es controlada por la temperatura, siendo solamente de 4–8° C. su fluctuación estacional aproximada. En algunos lagos poco profundos de la Gran Bretaña las últimas capas del hipolimnion pueden agotar su oxígeno en época de calor y entonces el sistema del légamo queda reducido; en lagos excepcionalmente profundos esta condición puede ser permanente. De este estado de cosas proviene la reducción de los nitratos a amoníaco, de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno, y de los compuestos de hierro la formación de sales férricas solubles. Si el lago es utilizado como depósito para surtir de agua al público, de ser la estratificación agitada violentamente por un vendaval de otoño, estos compuestos se mezclan con las aguas de las zonas superiores del lago pudiendo dar lugar a la provisión temporal de agua de gusto desagradable. Parece estar fuera de duda que las raras y un poco misteriosas apariciones de ciertas bacterias — generalmente autotróficas — en los lagos se deben en un principio a la producción de substancias reducidas en el hipolimnion. Un ejemplo único de tal fenómeno se manifestó en el otoño de 1946. Un gran depósito de agua que abastecía una población industrial y al que afluía agua clorada de un alto grado de pureza química y bacterial, adquirió visiblemente una coloración purpúrea. Se puso en claro luego que el color era originado por la presencia de gran número de bacterias autotróficas capaces de oxidar el azufre y de producir el color purpúreo en el interior de las células. Un aspecto particularmente misterioso era el problema del origen de la relativamente gran cantidad de azufre necesaria en la provisión de energía para el desarrollo de tan enorme cantidad de células bacteriales.

La esterilización de las aguas mediante la aplicación de substancias químicas no es una panacea universal en los variados trastornos de origen bacterial con los que ha de enfrentarse el consumidor industrial de agua. Dificultades típicas son la obstrucción de las tuberías por la aparición de bacterias férricas, incrustaciones calizas, corrosiones, y el desarrollo de sabor y olor desagradables. La base del tratamiento estriba primariamente en procurarse detalles de la nutrición de los organismos causantes, aplicando luego los conocimientos adquiridos para prevenir el establecimiento de condiciones favorables de desarrollo.

Algunos símbolos empleados por los alquimistas

DENIS I. DUVEEN

La alquimia puede ser estudiada bajo dos aspectos: como un arte primitivo del que surgió la ciencia moderna de la química, o como un sistema de filosofía mística que perduró durante cerca de dos mil años. En las dos facetas de la alquimia los símbolos desempeñaron un papel importante, y el historiador se encuentra con abundante material de este género, cuya interpretación exige una gran pericia. Mr. Duveen nos explica en este artículo algunos de los símbolos más característicos de la alquimia.

En la mayor parte de sus obras los alquimistas procuraron, deliberadamente, desconcertar al no iniciado y ocultar ante el público su *modus operandi*, mediante el empleo de símbolos. Así, los siete metales conocidos eran representados gráficamente por los signos de los siete planetas (incluyendo el sol y la luna) y las operaciones químicas por varios símbolos, cuya interpretación era a veces relativamente sencilla. Por ejemplo: una bandada de pájaros volando hacia arriba significaba la sublimación o evaporación, y volando hacia abajo, la precipitación o condensación.

En esta representación pictórica el simbolismo variaba con frecuencia, pero solía usarse la figura de un rey vestido de rojo para designar el oro, y la de una reina vestida de blanco para la plata. Se empleaba a veces un león amarillo para representar los sulfuros metálicos amarillos; un león rojo para simbolizar el sulfuro de mercurio natural rojo (cinabrio); un león verde para las sales de cobre o de hierro; un águila o un cuervo para los sulfuros metálicos negros; una salamandra para el fuego; un león con alas para el mercurio, y un león verde para el mercurio « filosófico ». La solución de oro o de plata por un ácido era representada por un león verde devorando al sol o a la luna respectivamente (véase la figura 2); el antimonio usado para la purificación del oro se pintaba con la apariencia de un lobo, y el plomo usado para la purificación de la plata adquiría generalmente la figura de Saturno. La figura de un dragón muerto por el

FIGURA 1 – *Explicación de símbolos alquímicos. (De un manuscrito alquímico, de principios del siglo XVIII, de la Baja Alemania.)*

FIGURA 2 – *El león verde devorando al sol.* (*De un manuscrito alquímico, de principios del siglo XVIII, de la Baja Alemania.*)

FIGURA 3 – *Un adepto dando instrucción a su discípulo.* (*De un ejemplar iluminado a mano de la* Philosophia Reformata *de Mylius* (*Francfort*, 1622).)

FIGURA 4 – *Un enigma pictórico que representa la síntesis alquímica.* (*De* Les Douze Clefs de Philosophie de Frère Basil Valentin (*París*, 1659).)

FIGURA 5 – *Representación simbólica del cocimiento de varios ingredientes para preparar la piedra filosofal. (De un manuscrito alquímico, de principios del siglo XVIII, de la Baja Alemania.)*

FIGURA 6 – *Aparatos alquímicos y símbolos de los cuatro evangelistas. (De un manuscrito iluminado, de principios del siglo XVII, del* Livre de la Sainte Trinité.)

sol y la luna representaba la combinación del oro y la plata. Alegorías como la muerte, el entierro y la putrefacción eran usadas con frecuencia para describir en lenguaje simbólico las operaciones puramente químicas, y el enlace de hombre y mujer para representar la perfección de una substancia. La figura 3, tomada de un ejemplar, en posesión del autor de este artículo, de la *Philosophia Reformata* de Mylius (Francfort, 1622), y en la que los grabados aparecen coloreados a mano en la época de la impresión, nos presenta a dos hombres dialogando bajo el árbol del conocimiento universal. Los cuatro elementos (derivados de Aristóteles) se representan aquí claramente: la tierra, por un hombre y un león; el fuego, por un dragón (ambos en la esquina inferior de la izquierda); el agua, por una mujer cabalgando sobre un delfín en el mar, y el aire por un pájaro, apareciendo estos dos últimos símbolos en la esquina inferior de la derecha. Las figuras de los dos hombres representan a Senior, el adepto, instruyendo a Adolphus, el discípulo y autor del libro. Los siete círculos que rodean el árbol simbolizan las etapas de las operaciones que conducen a la realización de la *magnum opus*, con el color correspondiente a cada etapa, siendo los colores de gran importancia significativa en los trabajos de los alquimistas. (Véase Hopkins: *Alchemy, Child of Greek Philosophy* (La alquimia, hija de la filosofía griega), Nueva York, 1934.) Mirando en torno al árbol, desde el círculo inferior de la izquierda, los símbolos reproducidos son los siguientes: (1) un cuervo y una calavera representando la operación de maceración y el color negro; (2) un par de cuervos que representan la destilación; (3) tres cuervos que simbolizan la sublimación; (4) dos aves y una corona que representan la realización de la *opus minor* y el color blanco; (5) dos aves y un árbol que indican el reino de Marte; (6) un unicornio y un rosal representativos del color rojo, y (7) el final de la *magnum opus* y la confección de la « piedra filosofal» simbolizados por un niño recién nacido.

Los alquimistas empleaban también enigmas para ocultar sus secretos. Como uno de los más fáciles de interpretar citaremos el atribuído al famoso Basil Valentin (véase la figura 4), pseudónimo del autor del libro *Les Douze Clefs de Philosophie de Frère Basil Valentin* (Paris, 1659), de donde lo hemos copiado.

Este enigma pictórico es una síntesis compleja del pensamiento de los alquimistas. Los planetas del firmamento se nos muestran ejerciendo su influencia sobre la importante combinación de los principios masculino y femenino, representados como de costumbre por el sol y la luna. El cáliz, como la cornucopia, es un símbolo del mercurio. Con referencia a los símbolos de la parte inferior del círculo, haremos notar el águila de dos cabezas, que representa el viento o el aire, y el león que simboliza el suelo o la tierra. El orbe representa la piedra filosofal, y la estrella de siete puntas se refiere a los siete metales conocidos de la tierra, que corresponden a los siete planetas del cielo.

Las palabras *Visita interiora terrae, rectificando inveries occultum lapidem* son de un interés especial, porque forman un acróstico cuyas letras iniciales componen la palabra *vitriol*. ¡ Algunos se han apoyado en este hecho para suponer que Basil Valentin fuese el descubridor del ácido sulfúrico !

Los alquimistas usaron también muchos anagramas, la mayor parte de los cuales son hoy muy difíciles de descifrar. Citaremos, como ejemplo, uno que aparece, acompañado de un comentario de diez páginas de Nicolas Barnaud, en el *Theatrum Chemicum* (vol. III, p. 744): « Mi nombre es *Aelia Loelia Crispis*. No soy hombre, ni mujer, ni hermafrodita; ni virgen, ni joven, ni vieja. No soy prostituta ni casta, sino todo ello junto. No me mata el hombre, ni el acero, ni el veneno, sino todas estas cosas al mismo tiempo. No me apoyo en el cielo, ni en la tierra, ni en el agua, sino en todas partes. *Lucius Agatho Priscius*, que no era mi marido, ni mi amante, ni mi esclavo, me hizo construir, sin dolor ni alegría, ni conocimiento de su destino, este monumento que no es una pirámide ni un sepulcro, sino ambas cosas a la vez. Es una tumba que no contiene un cadáver y un cadáver que no está encerrado en una tumba. El cadáver y el sepulcro forman una sola entidad.» Barnaud indica en su comentario que este enigma se refiere a la piedra filosofal.

La figura 5 nos muestra un símbolo generalmente asociado con un tratado llamado: *Die Hand der Philosophen* (La mano de los filósofos), atribuído a Johannes Isaacus Hollandus. La ilustración está tomada de un manuscrito de principios del siglo XVIII y representa el cocimiento de los ingredientes necesarios para el logro de la piedra filosofal. En este ejemplo particular, nuestro autor se ha mostrado especialmente atento, y nos ofrece un claro diagrama que explica la significación química de cada símbolo, según puede verse en la figura 1, tomada del mismo manuscrito. Para que el lector tenga una idea del tipo de operaciones realizadas por Hollandus, le ofrecemos la traducción de una de sus recetas para efectuar la *opus minor*, es decir, para preparar un

elixir capaz de transmutar los metales comunes en plata:

« Tómese una onza de plata fina, disuélvasela en *aqua fortis* común y añádasela cuatro onzas de mercurio sublimado en una vasija de cristal. Póngaselo en arena caliente para que tome calor; empápeselo después en el *aqua fortis* donde se disolvió la plata, hasta que absorba toda el *aqua fortis*. Luego déjeselo enfriar. Tritúrese después este mercurio en partículas minúsculas sobre una piedra dura. Déjeselo disolver sobre la piedra, y luego coagularse de nuevo en una vasija, a fuego lento. Vuélvaselo a frotar y a dejarlo disolverse, repitiendo la operación siete veces. Viértase una onza de este elixir sobre treinta onzas de cobre bien fundido. De este modo se obtendrá plata refinada que resistirá todas las pruebas.»

Además del simbolismo usado para enmascarar sus propias operaciones, los alquimistas incurrían a veces en chocantes extravagancias al tratar de discernir un sentido hermético en los antiguos autores, como Homero y Virgilio. El libro más interesante del famoso Michael Maier es *Atalanta Fugiens* (Oppenheim, 1617), en el que se trata de explicar, bastante enrevesadamente, la fábula de Atalanta y las manzanas de oro, mediante una analogía hermética. Los alquimistas herméticos no se contentaban con rebuscar alegorías de tipo alquímico en fábulas como las de los viajes de Ulises, sino que a veces iban más allá y creaban fábulas propias, como la contenida en el libro de Béroalde de Verville: *L'Histoire Véritable, ou le Voyage des Princes Fortunéz* (Paris, 1610).

Los títulos mismos que los alquimistas daban a sus tratados manifestaban ya su afición a los vuelos de la fantasía. Veamos algunos: *La Médula de la Alquimia, La Carroza Triunfante del Antimonio, El Anfiteatro de la Sabiduría Eterna, La Entrada Libre al Palacio Cerrado del Rey.*

El estudiante de la literatura alquímica medieval no puede por menos de sentirse impresionado ante la frecuencia con que en aquellas obras se invoca a Dios, con toda sinceridad al parecer. La conexión entre la alquimia y la religión se inicia en los tiempos más remotos, y se encuentra ya en los escritos alquímicos de los griegos y de los árabes. El enlace entre la alquimia y el cristianismo fué muy profundo. Entre los autores más notables de alquimia, que usaron frecuentemente alegorías cristianas para ilustrar sus obras, podemos citar a Arnald de Villanova, el pseudo-Raimundo Lulio (prevalece entre los expertos la opinión de que la voluminosa literatura alquímica atribuída a Lulio no fué escrita por el ilustre mallorquín, sino por otro autor posterior), a Petrus Bonus y a George Ripley.

El *Livre de la Sainte Trinité*, que fué escrito probablemente hacia el tiempo del Concilio de Constanza (1414–18), es un buen ejemplo de la aplicación de la alegoría de la Pasión, Crucifixión y Resurrección de Cristo a la realización de la *magnum opus* de la alquimia. El autor del presente artículo ha tratado más ampliamente de este simbolismo particular en otra parte (*Ambix*, vol. III, No. 2), pero la plancha reproducida aquí (figura 6) dará una buena idea del asunto. Bajo las representaciones de cuatro vasijas químicas, cada una de las cuales está destinada a una operación particular, hallamos los símbolos convencionales de los cuatro evangelistas, Estas últimas figuras representan al mismo tiempo los cuatro elementos, las cuatro principales etapas del trabajo y las cuatro virtudes cardinales.

Hemos hecho ya referencia a la gran importancia que los alquimistas daban al color. Dividían, generalmente, su trabajo en tres principales momentos de color: negro, blanco y rojo. Las operaciones conducentes a la producción de la piedra filosofal se suponía que se desarrollaban regularmente al través de esos tres colores, cuyo simbolismo se repite con frecuencia en las obras de alquimia. Así, el plomo (Saturno) simboliza el negro; la plata (la luna) representa el blanco, y el cobre indica el rojo. A veces se manejan cuatro colores en vez de tres, y entonces los colores pueden ser simbolizados por las cuatro estaciones del año, como en la séptima llave de Basil Valentin (*Les Douze Clefs de Philosophie*, París, 1659). Pueden ser representados también por cuatro aves, simbolizando el cuervo el negro; el cisne el blanco; el pavo real el violeta, y el ave fénix el rojo. (Véase la estrella de cinco puntas asociada con la llave novena de Basil Valentin; obra citada.)

Además del simbolismo pictórico, los alquimistas usaban signos para designar diversos materiales. Algunos de ellos aparecen reproducidos en la figura 7.

Cuando se trata de estudiar y de valorar seriamente las obras de los alquimistas, debe recordarse que había varias clases entre ellos. Había los alquimistas prácticos que fueron los precursores de la química moderna: se mostraban interesados en estudiar las propiedades de los metales y de otros cuerpos simples y compuestos, y los métodos y aparatos más adecuados para su manejo. Estos hombres hicieron y nos legaron importantes descubrimientos científicos. Destacaron entre ellos Libavius, Glauber, Ulstadt, Van

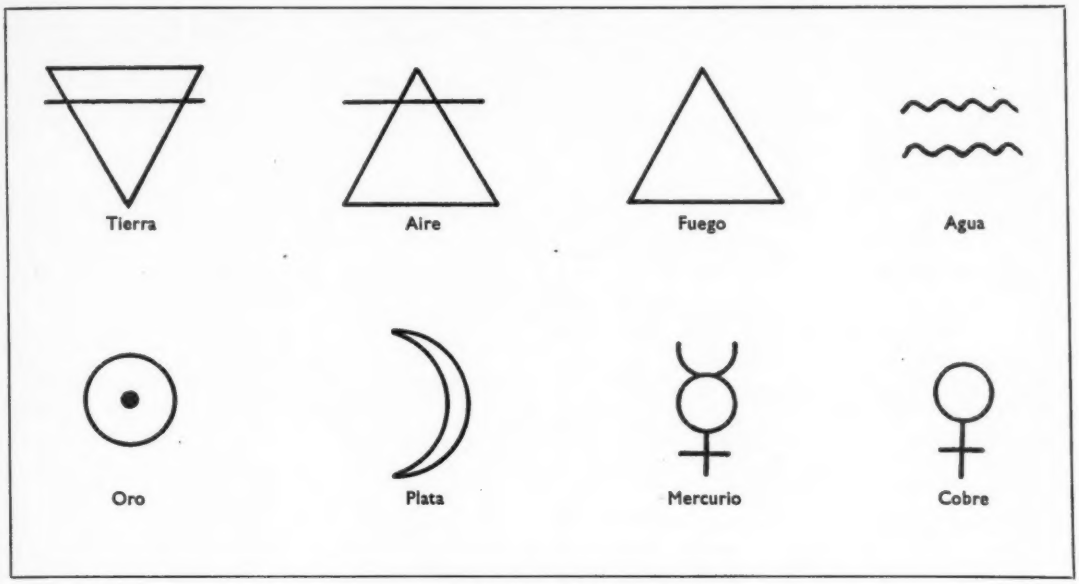


FIGURA 7 – *Símbolos alquímicos primitivos.*

Helmont y Croll. Había también un pequeño grupo de químicos especulativos, que atribuían al Arte Hermético un valor espiritual, más que físico. Estos expresaban su pensamiento por medio de alegorías y de símbolos. El principal objeto de sus estudios era el alma humana, y su ideal la conducción de la humanidad hacia una regeneración espiritual. Podríamos citar como representantes típicos de esta tendencia a Khunrath, Vaughan, Fludd y Maier. Había, sin embargo, otros cultivadores de la alquimia que contribuyeron a desacreditarla. Eran los juglares mercenarios, arrivistas y charlatanes que inducían a los príncipes y otros magnates a gastar grandes sumas de dinero para obtener el secreto de la piedra filosofal, con la que podrían transmutar en oro todos los metales comunes. Los más notorios y de historia mejor conocida, dentro de este grupo, son Honauer, Caetano, Bragadino y Cagliostro. Como ejemplo del método para imitar el oro y del destino final de los operadores, podemos citar la historia de M. Longeville, tal como nos la cuenta Boyle Godfrey en su libro: *Miscellanea vere Utilia or Miscellaneous Experiments and Observations on Various Subjects* (publicado en Londres, hacia 1735):

« El proceso empleado por Longeville para imitar el oro, y por el cual los holandeses le quemaron vivo en aceite, era el siguiente: Tómense cuatro onzas de cobre; calcinándoselas con azufre común hasta que se reduzcan a una onza y cuarto, lo que se logrará calentándolas al rojo repetidas veces, hasta que se vuelvan verdes. Mézclese bien este cobre calcinado con una onza de plata y media onza de bórax. Extraígaselo luego del crisol y arránquesele la escoria, mezclándolo de nuevo con otro tanto de bórax. Vuelva a extraérselo del crisol y a desprender la escoria, repitiendo la misma operación tres veces. Póngaselo luego a un fuego vivo, añadiendo dos onzas de oro. Manténgaselo durante algún tiempo en estado de flujo, añádase un poco de bórax y téngaselo al fuego una hora. Divídaselo luego en lingotes y repítase la fundición hasta que el bórax permanezca blanco. Fúndase entonces este oro artificial solo, arrojando en él granos de nitro, hasta cubrir la superficie superior de una espesa piel. Divídase en lingotes y la operación queda hecha.

« Hasta aquí la receta, tal como me fué comunicada por un profesor de una universidad alemana.

« Ignoro las faltas que este hombre pudiera cometer en su tiempo, pero si fué muerto por haber hecho oro, lo deploro, pues creo que su proceso dista mucho de lograr tal objeto. Sea como fuere, un amigo mío conoce a un caballero que vió a Longeville arrojar un objeto de madera hueca en una caldera de aceite hirviendo, acercándose tanto al fuego que algunas gotas de aceite le salpicaron la ropa.»

El arco de mampostería

A. J. S. PIPPARD

Aunque el arco de dovelas es una de las estructuras de más antiguo conocidas, los problemas relativos a su resistencia y estabilidad han sido sorprendentemente enigmáticos para los matemáticos, físicos e ingenieros. Hasta poco antes del comienzo de la guerra en 1939, muy escasos eran los conocimientos que se tenían acerca del comportamiento de este tipo de arco bajo el efecto de una carga progresivamente creciente hasta su hundimiento final. El profesor Pippard describe aquí varios experimentos que han arrojado mucha luz sobre esta materia.

El arco formado con bloques de piedra en forma de cuña, o dovelas, es una de las obras de ingeniería más primitivas y una de las más bellas; no es pues de extrañar que los problemas relativos a su resistencia y estabilidad hayan atraído la atención de matemáticos e ingenieros; de hecho las varias explicaciones sugeridas para su comportamiento bajo carga y las discusiones sobre las mismas constituyen un interesante capítulo de la teoría de las estructuras.

Las primeras explicaciones de que ha quedado memoria fueron dadas durante la segunda mitad del siglo XVII y, tal como cabe suponer, los primeros razonamientos se fundaban en las propiedades del plano inclinado y de la cuña. Se suponía que las superficies en contacto de las dovelas eran superficies pulimentadas y que el desmoronamiento de la estructura era debido al deslizamiento de una dovela sobre otra. En 1801 Atwood realizó experimentos con arcos de dovelas metálicas pulimentadas y los puentes proyectados por Rennie a principios del siglo pasado se fundaban en tales suposiciones. Consecuencia natural de estas investigaciones fué la hipótesis en sentido opuesto, o sea que las superficies de las dovelas eran sumamente toscas, lo que se oponía a todo deslizamiento; el hundimiento podía, pues, sólo tener lugar por rotación de alguna de las dovelas alrededor de sus bordes, tal como experimentalmente demostró Danisy.

Otro camino de ataque de este problema, fundándose en su analogía con la catenaria, tomó cuerpo paralelamente con la aplicación de la teoría de la cuña. Se inició en 1676, cuando Robert Hooke incluyó en un resumen de sus invenciones, que intentaba publicar más tarde, lo siguiente: « La verdadera forma matemática y mecánica para toda clase de arcos de construcción con su verdadero tratamiento necesario para cada uno de ellos. Problema en que ningún tratadista de arquitectura se ha aventurado, y mucho menos resuelto. abcccddeeeeefggiiiiiiiillmmmmnnnnnooprrsssttttttuuuuuuuvx. » Estas últimas letras son un anagrama que enuncia el nuevo descubrimiento y que por transposición dicen: *Ut pendet continuum flexile sic stabit contiguam rigidum inversum*, o sea, « Al igual que la (cuerda) continua flexible cuelga hacia abajo, el (arco) rígido contiguo se sostiene invertido.» Este parece ser el primer enunciado de la idea de un arco lineal que tanta influencia ha ejercido sobre los proyectos de este tipo de arcos hasta la actualidad. Fué base de los trabajos de Moseley en Inglaterra, y los matemáticos e ingenieros franceses, tales como Navier, Clapeyron, Lamé y Boistard, todos han contribuído al desarrollo de esta teoría, en tanto que Navier en 1826 mostró que si el arco lineal teórico corta a la cara de junta entre dos dovelas en un punto situado a un tercio de su espesor, tal junta está al punto de abrirse. En 1835 Moseley y en 1846 Snell proporcionaron importantes contribuciones, el último acercándose mucho a la correcta explicación sobre la razón de la inestabilidad final de la estructura a causa de la formación de puntos de articulación entre algunas de las dovelas.

Al mismo tiempo Robison se interesó por la causa del derrumbamiento de un puente construído con piedra poco resistente, y que fué atribuído a una sobrecarga en la clave. Unos quince días antes de su derrumbamiento se notaron grietas en las piedras a unos tres metros a cada lado de la clave y también a unos 6 metros hacia un lado; los albañiles opinaban que su destrucción final ocurriría en estos puntos, por compresión de la piedra. De hecho el hundimiento se produjo de manera muy distinta; unos segmentos de arcos giraron alrededor de la clave, en puntos situados a 4,50 m. o 4,80 m. a ambos lados del centro y también alrededor de puntos en los estribos.

Esta clara indicación sobre la orientación que debía seguirse para hallar la solución parece que

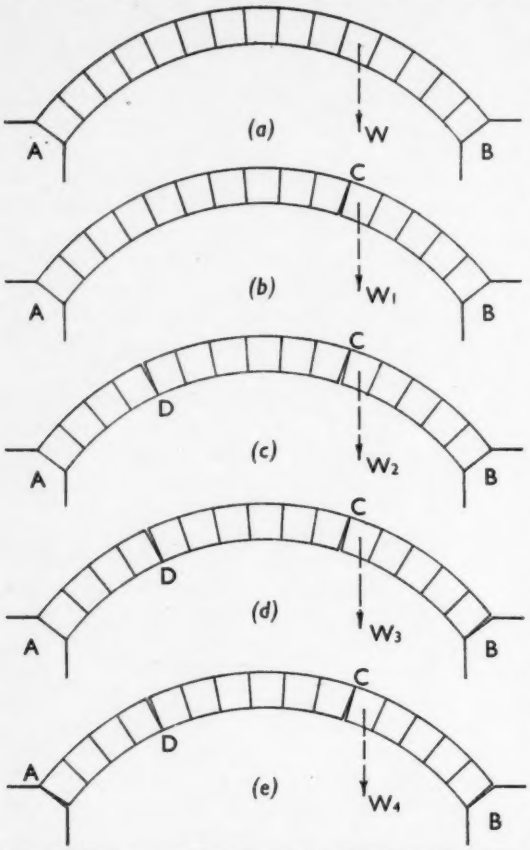
fué desatendida; se volvió a prestar atención al empleo de la catenaria invertida o arco lineal para fines de proyecto, y Rankine lo defendió seriamente y aceptó como principio fundamental para el proyectista la idea de que el arco lineal debe permanecer en la zona del tercio central de la estructura a fin de evitar esfuerzos de tensión en el mortero de las juntas. Es claro que existen un infinito número de catenarias que pueden dar sostén a un sistema de fuerzas determinado, las cuales difieren entre sí en su longitud total y el valor de las componentes horizontales de las reacciones; por lo tanto habrá igualmente un número infinito de arcos lineales que satisfagan la condición del tercio central. Hubo una gran controversia para decidir cuál fuese el correcto arco lineal, y sólo mucho más tarde se vió que no era una cuestión de elección más o menos arbitraria, sinó que cada arco lineal que podía dibujarse estaba relacionado con ciertas suposiciones tácitas relativas al movimiento de los estribos.

La enunciación por Castigliano, en 1879, de sus teoremas sobre los esfuerzos y la energía señaló un nuevo camino y en su libro del mismo año analizó un arco de mampostería aplicando el principio de la mínima energía de deformación asumiendo que el arco era una costilla elástica. Cuando a consecuencia de este análisis se determinó que existían puntos de tensión se asumió que las porciones del arco sometidas a tal clase de esfuerzos eran eliminadas y se repitió el análisis para la porción restante. Este proceso fué sucesivamente aplicado hasta determinar la sección de una estructura sin tensión alguna, para la cual se calcularon los esfuerzos. Una objeción a la teoría de Castigliano era la duda que había sobre si el arco de mampostería poseía una relación lineal entre la carga y las deformaciones, pero esto fué satisfactoriamente zanjado con ensayos llevados a cabo con arcos de tamaño natural por la Sociedad de Ingenieros Austriacos en 1890 y mucho más tarde por pruebas realizadas por el Departamento de Investigación Científica e Industrial de Inglaterra sobre un cierto número de puentes carreteros. Parece ser que los ingenieros austriacos llegaron a la conclusión de que, debido a que las deformaciones medidas eran proporcionales a las cargas aplicadas, el arco se comportaba como una nervadura sólida. Esta deducción no puede justificarse por la simple prueba de la proporcionalidad antes citada, ya que, por ejemplo, una estructura de tres articulaciones mostraría igual proporcionalidad lineal aunque la razón entre las cantidades medidas sería distinta.

Las diferentes formas de hundimiento citadas en esta breve reseña—esto es, por deslizamiento si las dovelas carecen de rozamiento, por rotación si su rozamiento es infinito, por aplastamiento de la piedra, o por rotura del mortero a tensión—no se excluyen mútuamente y todas ellas pueden ocurrir bajo diferentes circunstancias. La posibilidad de deslizamiento de las dovelas puede evitarse fácilmente, pero aparte de esto, el comportamiento de un arco de mampostería bajo el efecto de una carga progresivamente creciente hasta su final derrumbamiento no era, aún en 1936, propiamente comprendido, y puesto que habían sido pocos los investigadores que habían realizado algunos sencillos experimentos cualitativos y no se había seguido ninguna prueba metódica cuantitativa, se vió la necesidad de atacar el problema por un camino experimental.

Así pués, el autor, junto con algunos de sus colegas, inició en 1936 unos experimentos para aclarar el comportamiento del arco de dovelas. Se construyeron unos modelos de arcos de segmentos con luces de 1,20 m. y una flecha de 45 cm. cuyas dovelas eran de acero, cuidadosamente trabajadas. Uno de los arcos de prueba estaba articulado en sus arranques mientras que el otro estaba soportado por sotabancos. Uno de los extremos del arco bajo prueba era fijo en tanto que el otro extremo estaba montado sobre un carrillo cuya fricción se había reducido al mínimo posible y al cual se había fijado un alambre de acero muy delgado con un extensómetro óptico. Así podían medirse las cargas y la componente horizontal de la reacción en el soporte libre. Se suponía que el arco había de resistir una carga de tierra que rellenaba los enjutos y formaba un pavimento horizontal; las cargas equivalentes eran producidas con latas que contenían perdigones, colgando de las dovelas. Podía también aplicarse una carga concentrada en cualquiera de las dovelas.

Primeramente se dispuso una costilla sólida de acero de dimensiones iguales que el arco de dovelas. La carga fija permanecía constante y se medía el valor del empuje o componente horizontal de la reacción para una serie de cargas concentradas aplicadas sucesivamente a cada una de las dovelas. Esto permitió establecer una curva que daba el empuje debido a una carga unidad en un punto cualquiera del arco. La costilla sólida fué entonces reemplazada por el arco de dovelas con articulaciones en sus arranques. El proceso del experimento fué repetido y se halló que los resultados obtenidos eran iguales a los obtenidos para el arco sólido. Por lo tanto, se pudo establecer



que, dentro de ciertos límites, el arco de dovelas se comporta igual que un arco sólido. Es fácil mostrar que la carga límite es la que llega a producir un esfuerzo de tensión en una junta adyacente a su punto de aplicación, lo que reduce el área de resistencia a la compresión en aquella sección. Se estudió luego el comportamiento del arco bajo una carga de valor creciente aplicada a una misma dovela; los resultados obtenidos pueden ser apreciados mejor por medio de un diagrama.

La figura (*a*) muestra un arco de dovelas con el relleno de tierra y una carga concentrada aplicada sobre una dovela determinada. A medida que esta carga crece, también aumenta el empuje horizontal *A*. Para valores pequeños de *W* los empujes son prácticamente iguales a los correspondientes a un arco sólido de iguales dimensiones y arranques parecidos. Para un cierto valor W_1 se produce un cambio en la razón entre el empuje lateral y la carga aplicada, lo que está de acuerdo con la aparición de un punto de articulación en *C*, con lo que el arco equivale de hecho a dos secciones sólidas *AC* y *BC* articuladas en el punto *C*, tal como se indica en (*b*). Si los arranques pueden extenderse ligeramente, la articulación aparece claramente entre las dos dovelas adyacentes en *C*. La nueva razón entre el empuje y la carga se mantiene constante por cierto tiempo hasta que para una carga W_2 tiene lugar un nuevo cambio, el cual es debido a la aparición de una nueva articulación virtual en *D* (*c*). Sin embargo esta articulación se halla en el intradós, en tanto que la primera se hallaba en el extradós. El arco consiste ahora en dos secciones sólidas *AD* y *BC* conectadas por una tercera sección sólida *DC* la cual está articulada con ellas, y en esencia es el tipo de estructura de la viga de resalte. Un nuevo aumento en el valor de la carga concentrada muestra que para W_3 se produce un nuevo cambio en la razón entre el empuje y la carga debido a la aparición de una nueva articulación en *B* en el intradós del arco. Este consiste ahora en tres secciones sólidas, una de las cuales *AD* está empotrada en *A* y las otras dos son sólidos perfectamente articulados (*d*). Durante este proceso ocurre una reducción progresiva en la redundancia de la estructura. El arco original, (*a*), posee tres grados de redundancia; con la formación de cada nueva articulación desaparece uno de estos grados de redundancia, de manera que (*b*) posee dos, (*c*) tiene uno y (*a*) ninguno, o sea que este último es una estructura estáticamente determinada. Si se incrementa la carga más allá del valor W_3 el arco se derrumba súbitamente con una carga W_4, debido a la formación de una cuarta articulación que convierte la estructura en un mecanismo. Estos experimentos aclaran la mecánica de un arco de dovelas y muestran que mientras la teoría de su hundimiento indicada por Snell en 1850 poseía una base razonada era en cambio deficiente en otros aspectos.

Sin embargo, un arco real no está compuesto de dovelas de acero cuidadosamente acabadas sinó que, en general, está formado por bloques de mampostería con juntas de mortero de cal o cemento. Desde los tiempos de Rankine se ha aceptado como principio fundamental del proyectista la idea que las juntas de mortero no deben estar sometidas a esfuerzos de tracción, y Rankine estableció incluso que si se desarrollaban tales esfuerzos en un arco de mampostería, la estructura se hacía inestable. Los experimentos que acabamos de citar muestran que la verdadera inestabilidad ocurre mucho después de que la primera junta se haya agrietado por efecto de la tensión; pero la presencia del material de unión ha de

tener una gran influencia sobre el comportamiento del arco y por esta razón se llevaron a cabo una serie de nuevos experimentos en los cuales las dovelas eran bloques de hormigón formado con piedra granito o caliza machacada y cuyas uniones eran ya de mortero de cal pobre o bien de mortero rico de cemento.

Los arcos de estas series de experimentos eran también de segmentos, de 3 m. de luz y 75 cm. de flecha y la carga permanente fué aplicada de manera semejante a la descrita para el arco de acero. Los resultados generales de tales experimentos confirmaron los obtenidos previamente, pero pusieron en evidencia que incluso el mortero de cal pobre era capaz de resistir un esfuerzo de tensión suficiente para retardar de manera apreciable la aparición de la primera articulación. El mortero de cemento era mucho más efectivo y el arco construído con él se comportó igual que una costilla sólida para valores de la carga de una amplitud mucho mayor que la que hubiera cabido esperar basándose en la suposición de que el mortero era incapaz de resistir esfuerzo de tracción alguno. Se pusieron de relieve notables diferencias de comportamiento entre los arcos a base de piedra caliza y los de granito. El primero tendía a aplastarse y agrietarse con la aparición de las articulaciones virtuales, pero el granito proporcionó un material mucho más resistente, y combinado con el mortero de cemento constituye una estructura cuyo comportamiento estaba de acuerdo con los cálculos establecidos a base de los ensayos realizados con el modelo ideal de acero.

Otro grupo de ensayos en curso de realización quedó interrumpido al estallar la guerra. Las pruebas primeramente llevadas a cabo se referían a una carga única aplicada sobre la estructura; pero los puentes están sometidos a cargas repetidas y era interesante determinar si esto podía dar lugar a una apreciable reducción de su resistencia final. Para estos ensayos se utilizaron los modelos de 3 m. de luz con dovelas de hormigón, pero en vez de ir aumentando el valor de la carga concentrada hasta el derrumbamiento del arco, se aplicaba y suprimía alternativamente una carga fija, por medio de una leva, con una frecuencia de 65 ciclos por minuto.

Al agrietarse la primera junta de mortero se interrumpía un circuito eléctrico el cual detenía automáticamente el motor de accionamiento de la leva. El número de ciclos aplicados hasta aquel momento quedaba automáticamente registrado.

Los ensayos fueron repetidos con la carga aplicada sobre una dovela determinada, y variando sucesivamente el valor de la carga. Después de un millón de ciclos sin llegarse a producir rotura alguna, se incrementaba la carga y el ensayo era repetido hasta llegar a producir la rotura. Se ensayó así tanto el mortero de cemento como el de cal, pero sólo se habían llevado a cabo unos veinte ensayos cuando tuvieron éstos que ser interrumpidos. No obstante, bastaron para demostrar que, a pesar de que la repetición de una carga era de un efecto más destructivo que una carga permanente, el arco de mampostería posee un considerable margen de resistencia más allá del que se le asigna por los métodos de cálculo convencionales.

Revista de libros

DESINTOXICACION DE COMPUESTOS ORGANICOS

Detoxication Mechanisms, *por R. Tecwyn Williams. Págs.* 251. *Chapman and Hall Limited, Londres.* 1947. *Precio neto,* 16*s.*

El estudio del paradero final de substancias orgánicas simples y compuestas introducidas en el cuerpo ha sido de gran interés para los farmacólogos y bioquímicos. Las investigaciones realizadas durante la última mitad del pasado siglo—a las que están unidos los nombres famosos de los iniciadores de los estudios bioquímicos: Liebig, Hoppe-Seyler, Jaffe, Baumann, y otros—han revelado los distintos mecanismos de metabolización de las substancias extrañas; más adelante, las investigaciones de Knoop, Neubauer, Dakin, y otros aclararon muchos fenómenos de fundamental importancia relacionados con la eliminación y transformación de los metabolitos normales, tales como los ácidos grasos y los aminoácidos.

Más recientemente se han introducido en la medicina numerosas drogas nuevas, y aunque el estudio de su metabolismo no ha producido el descubrimiento de ningún tipo básicamente nuevo de mecanismo de desintoxicación, ha servido, con todo, para alumbrar ciertos datos de interés. Hasta ahora no se había publicado ningún tratado comprensivo sobre el destino de las substancias orgánicas en el cuerpo, y la obra del Dr. Williams viene, por consiguiente, en un momento oportuno, a llenar un vacío en la literatura científica. El autor, que ha aportado valiosas contribuciones originales a dicha especialidad, nos presenta un estudio lúcido y completo de todas las investigaciones, clásicas y modernas, sobre el metabolismo de las substancias foráneas. Tras un estudio general de los distintos mecanismos de desintoxicación y una sección histórica de gran interés, nos presenta sistemáticamente un gran número de substancias orgánicas de importancia química y biológica.

Los más recientes estudios de temas de interés actual, tales como el metabolismo de las substancias carcinogenéticas y de las sulfonamidas, y la metilación biológica aparecen también tratados, incluyéndose las conclusiones generales más importantes de la investigación bioquímica, así como una extensa bibliografía. E. CHAIN

EL ALFABETO

The Alphabet. A Key to the History of Mankind, *por David Diringer. Págs.* 608, *con* 256 *figuras. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres.* 1947. *Precio neto,* 50*s.*

De contenido mucho más extenso que lo que su título indica, esta obra cubre el campo entero de la escritura, factor importantísimo en la civilización, que da permanencia al conocimiento, dejando una constancia que la palabra hablada, en continuo cambio, no puede alcanzar.

El autor estudia su desarrollo desde los signos y símbolos más primitivos, a través de los diversos estudios de desenvolvimiento, hasta llegar al alfabeto que, en su estado ideal, tendría un signo para cada sonido simple. El alfabeto es, además, un instrumento de dominación política, comercial y religiosa, fácilmente adaptable para reducir cualquier idioma hablado a una forma escrita.

Parece ser que el alfabeto se inventó sólo una vez, pero no se sabe dónde. Es posible que las inscripciones del Sinaí sean el eslabón perdido en el desarrollo de los geroglíficos egipcios; en Egipto ya se usó un alfabeto de 24 letras. Pero el autor yerra al decir que « nunca fué empleado sin determinativos » (pág. 63), clasificando dicha escritura como no-alfabética debido a los numerosos signos adicionales generalmente usados; servían éstos de ayuda al lector, ya que sólo se escribían las consonantes. Mantiene el autor que el alfabeto fué inventado por ciertas gentes semitas de la Sirio-palestina. R. W. SLOLEY

FORMACIONES PERMO-TRIASICAS

The Permo-Triassic Formations: A World Review, *por R. L. Sherlock. Págs.* 367 *y* 15 *figuras. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres.* 1948. *Precio neto,* 31*s.* 6*d.*

Es en general relativamente fácil subdividir una sucesión de rocas en un área limitada, bien por referencia a los fósiles contenidos, o por los cambios verticales en el carácter de las rocas mismas. Pero la correlación de dichas subdivisiones de un área determinada con las correspondientes de otras, especialmente cuando se trata de un continente o hemisferio diferentes, puede convertirse en uno de los más peliagudos problemas que confrontan al geólogo, debido a las variaciones laterales en la fauna y petrología. Las rocas del continente europeo depositadas durante las condiciones especiales del permo-triásico, que apenas contienen fósiles, presentan todas esas dificultades muy marcadamente; y la clasificación y correlación de las Nuevas areniscas rojas ha ocasionado, desde hace ya mucho, grandes dudas. Este problema interesó grandemente al Dr. Sherlock, y la publicación póstuma de esta obra significa su aportación a dicha controversia. En breve: él niega toda validez al sistema pérmico entre el carbonífero y el triásico; afirmando que todas las rocas que reciben tal designación pertenecen o bien al Carbonífero superior o al Triásico inferior. Es imposible detallar aquí las razones en favor y en contra de tal hipótesis, pero no será injusto decir que dicha opinión sólo la sostiene una minoría. Es ésta una obra destinada a especialistas (que no deben ignorarla) y no al lector en general, lo que quizás explica el elevado precio de la misma. O. M. B. BULMAN

DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM COELESTIUM

Nicolaus Copernicus. De Revolutionibus: Preface and Book I. *Traducida al inglés por los Profesores J. F. Dobson y S. Brodetsky. Royal Astronomical Society: Occasional Notes, No.* 10. 1947. *Precio neto,* 3*s.* 6*d.*

De todas las obras clásicas de la historia de la ciencia aún por traducir al inglés, ninguna más importante que *De Revolutionibus Orbium Coelestium,* de Copérnico. Existe una moderna traducción alemana que traiciona el significado del original en el título mismo refiriéndose a los *cuerpos* celestes en vez de *esferas* celestes. Es, por lo tanto, apropiado que la *Royal Astronomical Society* haya resumido la publicación de sus útiles *Occasional Notes* con la traducción inglesa anotada del Prefacio y Libro I (junto con una nota biográfica, retrato y fascimil de la portada original) preparada por el Profesor J. F. Dobson de Bristol (finado) y el Profesor S. Brodetsky de Leeds. En vista del especial interés de esta publicación, la Sociedad ha alterado la práctica de limitar sus *Occasional Notes* a sus Socios haciendo asequible al público en general esta publicación. La traducción refleja el extremo cuidado con que un profesor de lenguas clásicas y un matemático han colaborado para conseguir un resultado de alta perfección. Aparece, con todo, un ligero error en la nota biográfica preparada por el Profesor Dobson, en la cual se dice que Tycho Brahe conocía el *Commentariolus* con anterioridad a la publicación del *De Revolutionibus,* caso imposible ya que éste fué publicada en 1543 y Tycho nació en 1546. Hay también un error tipográfico en el diagrama de la pág. 30 en el que la órbita de la luna lleva el título « Orbita de Marte ». Sin embargo, en su conjunto, la traducción es substancialmente exacta y debemos sentirnos agradecidos a la *R. Astronomical Society* por haberla puesto al alcance del público. H. DINGLE

QUIMICA ORGANICA PRACTICA

A Text-Book of Practical Organic Chemistry, *por Arthur I. Vogel. Págs. xxiv* + 1012. *Longmans, Green and Company Limited, Londres.* 1948. *Precio neto,* 42*s.*

Este libro refleja una gran ambición, pero desde ya puede decirse que queda plenamente cumplida. El Dr. Vogel, cuyas obras anteriores sobre análisis cuantitativo y cualitativo son bien conocidas, resume aquí para beneficio de sus estudiantes la experiencia adquirida durante unos veinte años de investigaciones y magisterio en la química orgánica. Tras una breve consideración de la teoría de la técnica general, el autor dedica casi la quinta parte de la obra al estudio de la técnica experimental, incluyendo secciones sobre la adsorción cromatográfica y el uso de aparatos con uniones de cristal esmerilado intercambiables, en un estudio tan completo que ha ser de gran valor tanto para los estudiantes elementales como para los más avanzados. La parte principal del libro da cuidadosas y clarísimas instrucciones respecto a más de 600 preparaciones orgánicas, desde substancias tan simples como el nitrito amilo y el aceto-acetato etilo hasta otras de gran complicación y rareza como el cloruro S-bencil-*iso*-tiurónico y la sulfapiridina. Los

detalles experimentales indicados hacen ver claramente que el Dr. Vogel anticipa los puntos que han de ofrecer mayor dificultad al estudiante.

Aumenta el valor de la obra la inclusión de una sección sobre el análisis orgánico cualitativo, diversas tablas de las constantes físicas de los compuestos orgánicos, y una bibliografía (con una breve guía del *Beilstein* y un índice completo). Este libro debe hallar un lugar en la biblioteca de todo laboratorio y profesor de química orgánica.

EL MICROSCOPIO ELECTRONICO

The Electron Microscope, *por V. E. Cosslett. Págs. viii* + 128, *con* 12 *planchas y* 39 *figuras. Sigma Books Limited, Londres.* 1947. *Precio neto,* 7*s.* 6*d.*

Este librito es una introducción al uso y principios del microscopio electrónico para el biólogo o ingeniero industrial que no tengan un conocimiento físico y matemático especializado. En efecto, el libro evita todo razonamiento matemático, presentado por medio de figuras todos los principios físicos de la construcción y operación del instrumento. Puede recomendarse a todo lector que quiera tener un conocimiento elemental del funcionamiento de este nuevo instrumento, ofreciendo al mismo tiempo el autor algunas indicaciones de la limitaciones presentes y de las posibilidades de desarrollo en el futuro.

G. D. PRESTON

EL PROYECTO ALEMAN DE ENERGIA ATOMICA

Alsos—The Search for the German Atom Bomb, *por Samuel A. Goudsmit. Págs. xiv* + 259. *Sigma Books Limited, Londres.* 1948. *Precio neto,* 15*s.*

El Dr. Goudsmit ha escrito un interesante relato de las investigaciones llevadas a cabo por la misión norteamericana Alsos, de la cual era Director científico, sobre las actividades alemanas relacionadas con la bomba atómica durante la pasada guerra.

Las reproducciones y traducciones de los documentos alemanes ilustran la increíble ineficacia con que se realizaron dichas actividades, con excepción de las investigaciones organizadas por las Fuerzas aéreas y la Marina; lo cual es sorprendente si tenemos en cuenta la reputación alemana de buena organización. Pero el Dr. Goudsmit revela las razones de tales fracasos y advierte posibilidad de que suceda lo mismo en las investigaciones norteamericanas.

En breve, las causas principales de la ineficacia nazi fueron: la inútil duplicación de tareas debida a la ausencia de coordinación entre intereses opuestos; la elección de jefes de investigación por motivos políticos y no por mérito científico; y la auto-complacencia que hacía creer a los alemanes que el conocimiento científico aleman debía hallarse por necesidad en cabeza del de las demás naciones.

Sin embargo, la obra puede producir una idea totalmente errónea sobre el estado del conocimiento que los Aliados tenían de los proyectos atómicos alemanes con anterioridad a las investigaciones conducidas por el autor casi inmediatemente después de la ocupación militar. La razón de esto se percibe claramente al principio del Capítulo II donde el autor dice que él no había trabajado en los proyectos atómicos norteamericanos y no pudo, por lo tanto, haber conocido los informes que sobre las actividades alemanas prepararon durante la guerra los servicios de espionaje británico y norteamericano. Hoy tenemos datos evidentes, confirmados por documentos alemanes, de que el servicio de inteligencia británico estuvo muy activo y fué extraordinariamente exacto en numerosos detalles, con lo que resulta muy difícil creer que nuestras informaciones de un sector particular de la actividad alemana fuesen tan negativas como parece sugerir el Dr. Goudsmit. Por el contrario, es lógico asumir que los servicios de espionaje británico y norteamericano suministraron toda una serie de datos y detalles sobre los proyectos de energía atómica de los alemanes que luego las investigaciones posteriores llevadas a cabo por el autor vinieron a confirmar.

La misión llevada a cabo por el grupo Alsos no puede considerarse enteramente dentro del concepto de actividades de inteligencia militar, sino más bien como una investigación de información general.

R. E. SLADE

HABLANDO DE MUCHAS COSAS

One Two Three . . . Infinity, *por George Gamow. Ilustrado por el autor. Págs. xii* + 340. *Macmillan and Company Limited, Londres.* 1947. *Precio neto,* 24*s.*

El curioso título del libro del Profesor Gamow parece anticiparnos otra muestra de una exposición lúcida iluminada por un humorismo singular como las que salen de su pluma. Y así es, una especie de olla podrida en la que hierven conocimientos, ingenio y sentido común en una salsa deliciosa. ¿Cuáles son sus principales ingredientes? El libro se divide en cuatro secciones; la primera se titula *Jugando con números* y trata divertidamente de temas tales como grandes magnitudes, números primos e imaginarios, y en ella hallamos viejos y nuevos amigos, siempre agradables, como la historia fascinadora del tesoro que hubiera podido descubrirse si se hubiesen conocido las propiedades de $\sqrt{-1}$.

La segunda sección (*Espacio, Tiempo y Einstein*) es una exposición admirable y clara de los conceptos básicos de la moderna relatividad. La tercera presenta las actuales opiniones sobre los problemas atómicos frente a un fondo histórico, de manera semejante a la cuarta, que trata del problema de la evolución del universo (*Microcosmos y Macrocosmos*, respectivamente).

Libro de lectura difícil para ese lector —también difícil, pero simpático—el profano interesado, ya que las nuevas ideas científicas son de difícil aprehensión para las mentes acostumbradas a las tradiciones newtonianas; pero si persevera hasta el final hallará sus esfuerzos más que debidamente recompensados.

ALLAN FERGUSON

MATERIALES MAGNETICOS

Magnetic Materials, *por F. Brailsford. Págs. ix* + 156, *y* 86 *diagramas. Methuen and Company, Londres.* 1948. *Precio neto,* 6*s.*

En la presente monografía, su autor, que forma parte de la sección de investigaciones de la Compañía Metropolitan-Vickers, habiendo contribuído frecuentemente a los estudios en este campo, nos ofrece un resumen completo pero necesariamente breve de los presentes conocimientos en dicha materia. Apropiado para estudiantes avanzados, investigadores, y especialistas de las aplicaciones de materiales magnéticos, contiene, además de una lista de libros y de artículos sumarizadores, una lista completa de referencias con cada capítulo. Tras una introducción, estos tratan del ferromagnetismo; cristales simples; factores que modifican las propiedades magnéticas (incluyéndose el trabajo en frío, la vibración y magnetoestricción); aleaciones ferrosilíceas y ferro-niquélicas; e imanes permanentes. Todas ellas son materias en las que se han realizado avances

fenomenales durante los treinta años últimos.

Al principio de la obra, al tratarse de un imán de libre rotación, el nivel de comparación de la energía se toma al formar el imán un ángulo recto con la dirección del campo, « siendo entonces la energía potencial igual a cero». Lo cual es evidentemente erróneo, e introduce una serie de signos negativos innecesarios, explicando también quizás el uso de expresiones tales como « se verá claro que » y « evidentemente, si » cuatro veces repetidas en una sola página. En la página 7 aparece $\mu_{max.} = 6.000$ lo que parece ser un error, en lugar de 4.000. Un punto interesante explicado en la página 6 es que la fuerza magnética *H* en oersteds no se emplea nunca; el autor siempre emplea el valor equivalente de la inducción magnética *B* en el vacío expresada en gauss, pero refiriéndose a ella como *H*. Aunque el autor cita sus propios estudios sobre la histéresis rotacional, no menciona ni a Swinburne que fué el primero que señaló el fenómeno, ni a F.G. Baily que lo confirmó experimentalmente.

Podemos, sin embargo, recomendar el libro sin reserva alguna a todos los que se hallen interesados en la teoría, manufactura, y aplicación de los materiales magnéticos. G. W. O. HOWE

EL DESCUBRIMIENTO DE NEPTUNO

John Couch Adams and the Discovery of Neptune, *por W. M. Smart. Págs.* 56, *con tres planchas. Royal Astronomical Society, Londres.* 1947. *Precio neto,* 5*s.*

Fué la ocasión de esta monografía la conmemoración, en 1946, del centenario del descubrimiento de Neptuno, tema sobre el que pronunció dos discursos el Profesor Smart en las ceremonias organizadas por la *Royal Astronomical Society*. Nunca se ha escrito hasta ahora una biografía completa de Adams; pero todos sus papeles, cartas y diarios fueron cuidadosamente conservados, viniendo a ser posesión de su íntimo amigo Sir Donald MacAlister, a cuya muerte pasaron al Dr. Smart, que a la sazón detentaba el cargo de Astrónomo de la Universidad de Cambridge, fundado en memoria se Adams. El Profesor Smart ha utilizado dichos documentos privados en la preparación del presente estudio de todas las circunstancias relacionadas con el descubrimiento de Neptuno; circunstancias bien conocidas, así como también lo son las violentas controversias en Francia e Inglaterra que siguieron a dicho descubrimiento, sobre las cuales el autor publica ahora numerosos detalles y extractos de cartas inéditos, que no pudieron hacerse públicos en vida de los protagonistas de tales sucesos. La única crítica que puede presentarse a un estudio que se esfuerza por ser histórico es la marcada parcialidad contra Airy, parcialidad que podría quizás corregirse si el Profesor Smart leyese la correspondencia de Airy en dicho período. La monografía concluye con un breve relato de la carrera de Adams después del descubrimiento de Neptuno.

H. SPENCER JONES

LA FOTOGRAFIA INFRA-ROJA

Photography and Infra-red, *por W. Clark. Págs. xvii* + 472. *Chapman and Hall Limited, Londres. Segunda edición.* 1946. *Precio neto,* 36*s.*

El señalado interés reciente en la aplicación de medidas infra-rojas a los problemas químicos se refería principalmente al uso de la longitud de onda desde 2μ (20.000 Å) hasta 25μ. Dicha región es inaccesible a la fotografía directa, pero se han conseguido mejorar otros métodos de detección y medida. Muchos de los nuevos detectores pueden ser usados ventajosamente en la región fotográfica de 0,7–1,2μ, siendo preferidos para algunos problemas de investigación y determinadas aplicaciones. Sin embargo, para una gran variedad de medidas, tanto puras como aplicadas, se necesita todavía la fotografía por su mejor conveniencia. En este libro, obra de un investigador de la Eastman Kodak Company, se estudian los principios y la práctica, con todos los datos necesarios, de dicho tema; contiene una clara exposición de la base de la sensitización, de la teoría fotográfica saliente, y de los principios básicos físico-químicos, así como numerosos consejos técnicos para el principiante. Aparecen también descritas las aplicaciones técnicas, con ilustraciones de sus numerosas ramas: arte, criminología, medicina, botánica, papirología, topografía aérea, camuflaje, espectroscopía y astronomía. Se estudian en detalle aspectos como las fuentes de radiación y los filtros; y la introducción del desarrollo histórico añade interés a la obra. Su completa bibliografía será de gran valor tanto para el especialista como para el aficionado. Aparecen algunas repeticiones en ciertas secciones del libro, lo que no disminuye su valor. El autor hace referencia, y con justicia, a las contribuciones ya casi olvidadas en dicho campo de R. W. Wood. En resumen: una obra útil.

H. W. THOMPSON

TABLAS DE SOLUBILIDAD

Solubilities of Inorganic and Metal Organic Compounds (*Vol. I*) *y* Solubilities of Organic Compounds (*Vol. II*), *por Atherton Seidell. Págs.* 1698 (*Vol. I*) *y págs.* 926 (*Vol. II*). *Macmillan and Company Limited, Londres* (*por D. Van Nostrand, Nueva York*). *Tercera edición.* 1947. *Precio neto,* 85*s.* (*Vol. I*) *y* 75*s.* (*Vol. II*).

La última edición completa y revisada de esta conocida obra de consulta se publicó en 1919, con un volumen suplementario en 1928. Desde dicha fecha se han recogido numerosos datos, y por ello la publicación de esta tercera edición completamente revisada es un acontecimiento de importancia. El hecho de que esta edición consista de dos grandes volúmenes en lugar del volumen único de las anteriores es ya una indicación de la cantidad de nuevo material que ha habido que incluír.

Se ha mejorado la ordenación de los datos, y en particular se ha incluído un sistema puramente químico, basado, en los símbolos químicos de los elementos, que ha venido a sustituir al antiguo sistema basado en el nombre inglés de los compuestos, lo cual servirá para aumentar el valor de la obra para quienes sólo tengan un conocimiento limitado del idioma inglés.

Pero si la cantidad de datos ha aumentado, y su ordenación se ha mejorado, desde el punto de vista tipográfico esta edición es inferior a las anteriores, lo que se debe en gran parte a la extensión alcanzada por la obra, que hace que los métodos de impresión ordinariamente empleados sean excesivamente costosos, habiendo tenido que emplearse litografías de copias microfílmicas de ciertas monografías, con el resultado de que el texto aparece indistinto en ciertas partes, aunque en ninguna es ilegible. Dicho defecto sería intolerable en un libro de lectura continua, pero no quita gran valor a una obra, como la presente, en que sólo se consultan, de tiempo en tiempo, ciertas secciones. Dicho método de impresión tiene, al menos, una ventaja muy importante en un libro que consiste principalmente de largas tablas numéricas: la reducción del número de errores al copiar los originales.